

## DATA TRANSMISSION WITH NON-UNIFORM DISTRIBUTION OF DATA RATES FOR A MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT (MIMO) SYSTEM

Publication number: JP2005519520 (T)

Publication date: 2005-06-30

Classification:

- international: H04B7/04; H04B7/26; H04J11/00; H04J99/00; H04L1/00; H04L1/06; H04L1/20; H04B7/04; H04B7/26; H04J11/00; H04J99/00; H04L1/00; H04L1/02; H04L1/20; (IPC1-7): H04B7/26; H04J11/00; H04J15/00

- European: H04B7/04M1; H04L1/00A1; H04L1/00A8Q; H04L1/06; H04L1/06T5; H04L1/20

Application number: JP20030573799T 20030227

Priority number(s): US20020087503 20020301; WO2003US06326 20030227

Abstract not available for JP 2005519520 (T)

Abstract of corresponding document: WO 03075479 (A1)

Translate this text

Techniques to determine data rates for a number of data streams transmitted via a number of transmission channels (or transmit antennas) in a multi-channel (e.g., MIMO) communication system. In one method, the "required" SNR for each data rate to be used is initially determined, with at least two data rates being unequal. The "effective" SNR for each data stream is also determined based on the received SNR and successive interference cancellation processing at the receiver to recover the data streams. The required SNR for each data stream is then compared against its effective SNR. The data rates are deemed to be supported if the required SNR for each data stream is less than or equal to its effective SNR. A number of sets of data rates may be evaluated, and the rate set associated with the minimum received SNR may be selected for use for the data streams.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-519520

(P2005-519520A)

(43) 公表日 平成17年6月30日 (2005.6.30)

|                            |              |             |
|----------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | F 1          | テーマコード (参考) |
| H 04 J 15/00               | H 04 J 15/00 | 5 K 0 2 2   |
| H 04 B 7/26                | H 04 J 11/00 | 5 K 0 6 7   |
| H 04 J 11/00               | H 04 B 7/26  | C           |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 33 頁)

|               |                              |          |   |
|---------------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号     | 特願2003-573799 (P2003-573799) | (71) 出願人 | 595020643   |
| (86) (22) 出願日 | 平成15年2月27日 (2003.2.27)       |          | クアルコム・インコーポレイテッド                                    |
| (85) 翻訳文提出日   | 平成16年9月1日 (2004.9.1)         |          | QUALCOMM INCORPORATED                               |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2003/006326            |          | アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775 |
| (87) 国際公開番号   | W02003/075479                |          |   |
| (87) 国際公開日    | 平成15年9月12日 (2003.9.12)       | (74) 代理人 | 100058479   |
| (31) 優先権主張番号  | 10/087,503                   |          | 弁理士 鈴江 武彦   |
| (32) 優先日      | 平成14年3月1日 (2002.3.1)         | (74) 代理人 | 100091351   |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                      |          | 弁理士 河野 哲  |
|               |                              | (74) 代理人 | 100088683   |
|               |                              |          | 弁理士 中村 誠  |
|               |                              | (74) 代理人 | 100109830   |
|               |                              |          | 弁理士 福原 淑弘   |

最終頁に続く

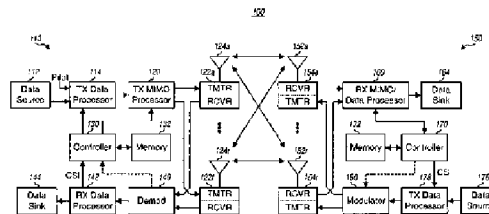
(54) 【発明の名称】 多元入力多元出力 (MIMO) システムに対するデータレートの不均一な配信をともなったデータ送信

(57) 【要約】

【課題】 多元入力多元出力 (MIMO) システムに対するデータレートの不均一な配信をともなったデータ送信

。

【解決手段】 多元チャネル (例えば、MIMO) 通信システムにおいて複数の送信チャネル (若しくは、送信アンテナ) を介して送信された複数のデータストリームに対するデータレートを決定するための技術。1つの方法では、使用されるべき各データレートに対する“必要な” SNRは、等しくならない少なくとも2のデータレートを使用して初めに決定される。各データストリームに対する“実効的な” SNRも、受信された SNR及び受信機における連続的な干渉排除プロセッシングに基づいて決定されて、データストリームを再生する。各データストリームに対して必要な SNRは、その後、その実効的な SNRに対して比較される。データレートは、各データストリームに対して必要な SNRがその実効的な SNRより小さい若しくは等しいのであれば、サポートされると判断される。データレートのセットの数は、評価される可能性があり、そして最小の受信された SNRに関



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

多元チャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに対するデータレートを決定するための方法であって、以下を具備する：

複数のデータストリームに対して使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要な信号－対－ノイズ－及び－干渉比（S N R）を決定することであって、ここで、少なくとも 2 のデータレートは等しくない；

複数のデータストリームを再生するために受信機において連続的な干渉削除プロセッシングの一部に基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的な S N R を決定することと；

データストリームに関する実効的な S N R に対して、各データストリームに対して必要な S N R を比較すること；及び

比較することの結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定すること。

## 【請求項 2】

請求項 1 の方法、ここで、複数のデータストリームは、多元入力多元出力（M I M O）通信システムにおいて複数の送信アンテナを経由して送信される。

## 【請求項 3】

請求項 2 の方法、ここで、各データストリームは、それぞれの送信アンテナを経由して送信される、そしてここで、各データストリームに関する実効的な S N R は、データストリームに対して使用される全送信出力に基づいて決定される。

## 【請求項 4】

請求項 1 の方法、ここで、各データストリームに関する実効的な S N R は、複数の送信チャネルの動作状態の指標である受信された S N R に基づいてさらに決定される。

## 【請求項 5】

請求項 4 の方法、ここで、受信された S N R は、複数のデータストリームのいずれか 1 に対して必要な S N R に基づいて決定される。

## 【請求項 6】

請求項 4 の方法、ここで、受信された S N R は、通信システムに対して指定される。

## 【請求項 7】

請求項 4 の方法、ここで、受信された S N R は、受信機において推定される。

## 【請求項 8】

請求項 4 の方法、ここで、連続的な干渉削除プロセッシングは、各ステージにおいて 1 のデータストリームを再生する、そしてここで、各再生されたデータストリームに関する実効的な S N R は、以下のように推定される

## 【数 6】

$$\text{SNR}_{\text{eff}}(k) = \left( \frac{N_R - N_T + k}{N_T N_R} \right) \text{SNR}_x \quad \text{式 (9)}$$

ここで、 $\text{SNR}_{\text{eff}}(k)$  は、ステージ  $k$  において再生されたデータストリームに関する実効的な S N R であり、

$\text{SNR}_x$  は、受信された S N R であり、

$N_T$  は、データ送信に使用した送信アンテナの数であり、及び

$N_R$  は、受信アンテナの数である。

**【請求項 9】**

請求項 4 の方法であって、以下をさらに具備する：

データレートの複数のセットを評価すること；及び

複数のデータストリームに対する使用のために最小の受信された S N R に関連付けられたレートセットを選択すること。

**【請求項 10】**

請求項 9 の方法、ここで、各レートセット中のデータレートは、指定された全体のスペクトル効率を達成するために選択される。

**【請求項 11】**

請求項 1 の方法、ここで、各データレートに対して必要な S N R は、ルックアップテーブルに基づいて決定される。 10

**【請求項 12】**

請求項 1 の方法、ここで、各データレートに対して必要な S N R が、そのデータレートに関する実効的な S N R より小さい若しくは等しいのであれば、複数のデータレートは、サポートされるべきであると判断される。

**【請求項 13】**

請求項 1 の方法、ここで、通信システムは、直交周波数分割マルチプレキシング（O F D M）を実行する。

**【請求項 14】**

多元入力多元出力（M I M O）通信システムにおいて複数の送信チャネルを経由して送信されるべき複数のデータストリームに対してデータレートを決定するための方法であって、以下を具備する： 20

M I M O システムの動作状態の指標であるオペレーティング信号－対－ノイズ－及びび干渉比（S N R）を決定することと；

複数のデータストリームに対して使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要な S N R を決定することであって、ここで、少なくとも 2 のデータレートは等しくなく、そしてここで、複数のデータレートは、指定された全体のスペクトル効率を達成するために選択される；

複数のデータストリームを再生するために受信機においてオペレーティング S N R 及び連続的な干渉削除プロセッシングに基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的な S N R を決定することと； 30

データストリームに関する実効的な S N R に対して、各データストリームに対して必要な S N R を比較すること；及び

比較することの結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定すること。

**【請求項 15】**

多元チャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに対してデータレートを決定するための方法であって、以下を具備する：

複数の送信チャネルの動作状態の指標である受信された S N R を決定することと； 40

複数のデータストリームを再生するために受信機においてオペレーティング S N R 及び連続的な干渉削除プロセッシングに基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的な S N R を決定すること；及び

データストリームに関する実効的な S N R に基づいて各データストリームに対してデータレートを決定すること、ここで、少なくとも 2 のデータレートは等しくない。

**【請求項 16】**

請求項 15 の方法、ここで、各データストリームに対するデータレートは、データストリームに対して必要な S N R がデータストリームに関する実効的な S N R より小さい若しくは等しくなるように決定される。

**【請求項 17】**

請求項 15 の方法、ここで、受信された S N R は、通信システムに対して指定される。

【請求項 18】

請求項 15 の方法、ここで、各データストリームは、多元入力多元出力 (M I M O) 通信システムにおいてそれぞれの送信アンテナを経由して送信される。

【請求項 19】

デジタル情報を以下にインタープリッティングできるデジタルシグナルプロセッシングデバイス (D S P D) に通信的に接続されたメモリであって：

多元チャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要な信号－対－ノイズ－及び－干渉比 (S N R) を決定し、ここで、少なくとも 2 のデータレートは等しくない；

10

複数のデータストリームを再生するために受信機において連続的な干渉削除プロセッシングの一部に基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的な S N R を決定し；

データストリームに関する実効的な S N R に対して、各データストリームに対して必要な S N R を比較し；及び

比較の結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定する。

【請求項 20】

多元チャネル通信システムにおける装置であって、以下を具備する：

複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要な信号－対－ノイズ－及び－干渉比 (S N R) を決定するための手段であって、ここで、少なくとも 2 のデータレートは等しくない；

20

複数のデータストリームを再生するために受信機において連続的な干渉削除プロセッシングの一部に基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的な S N R を決定するための手段と；

データストリームに関する実効的な S N R に対して各データストリームに対して必要な S N R を比較するための手段；及び

比較することの結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定するための手段。

30

【請求項 21】

請求項 20 の装置であって、以下をさらに具備する：

データレートの複数のセットを評価するための手段；及び

複数のデータストリームに対する使用のために最小の受信された S N R に関連付けられたレートセットを選択するための手段。

【請求項 22】

請求項 20 の装置、ここで、多元チャネル通信システムは、多元入力多元出力 (M I M O) 通信システムである。

【請求項 23】

請求項 22 の装置、ここで、M I M O システムは、直交周波数分割マルチプレキシング (O F D M) を実行する。

40

【請求項 24】

請求項 20 の装置を具備する基地局。

【請求項 25】

請求項 20 の装置を具備するワイアレスターミナル。

【請求項 26】

多元入力多元出力 (M I M O) 通信システム中の送信機ユニットであって、以下を具備する：

以下を行うことによって複数の送信アンテナを経由して送信されるべき複数のデータストリームに対して複数のデータレートを適切に決定するためのコントローラであって

50

複数のデータレートのそれぞれに対して必要な信号－対－ノイズ－及び－干渉比（S N R）を決定することであって、ここで、少なくとも2のデータレートは等しくない、

複数のデータストリームを再生するために受信機において連続的な干渉削除プロセッシングに一部は基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的なS N Rを決定すること、

データストリームに関する実効的なS N Rに対して各データストリームに対して必要なS N Rを比較すること、及び

比較することの結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定すること；

10

それぞれのシンボルストリームを与えるために決定されたデータレートを使用して各データストリームを適切に処理するための送信（T X）データプロセッサ；及び

複数の送信アンテナを経由した送信に適した複数の変調された信号を与えるための複数のデータストリームに対する複数のシンボルストリームを適切に処理するための1若しくはそれ以上の送信機。

【請求項27】

請求項26の送信機ユニット、ここで、コントローラは、以下を行うことによって複数のデータストリームに対するデータレートをさらに適切に決定するためであって

データレートの複数のセットを評価すること、及び

最小の受信されたS N Rに関連付けられたレートセットを選択すること。

20

【請求項28】

請求項26の送信機ユニットを具備する基地局。

【請求項29】

請求項26の送信機ユニットを具備するワイアレスターミナル。

【請求項30】

多元入力多元出力（M I M O）通信システムにおける送信機装置であって、以下を具備する：

M I M Oシステムにおいて複数の送信アンテナを経由して送信されるべき複数のデータストリームに使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要な信号－対－ノイズ－及び－干渉比（S N R）を決定するための手段、ここで、少なくとも2のデータレートは等しくない；

30

複数のデータストリームを再生するために受信機において連続的な干渉削除プロセッシングに一部は基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的なS N Rを決定するための手段と；

データストリームに関する実効的なS N Rに対して各データストリームに対して必要なS N Rを比較するための手段と；

比較の結果に基づいて複数のデータレートがサポートされるか否かを決定するための手段と；

それぞれのシンボルストリームを与えるために各データストリームを処理するための手段；及び

40

複数の送信アンテナを経由した送信に適した複数の変調された信号を与えるために複数のデータストリームに対する複数のシンボルストリームを処理するための手段。

【請求項31】

多元入力多元出力（M I M O）通信システムにおける受信機ユニットであって、以下を具備する：

複数の送信されたデータストリームに対して複数の検出されたシンボルストリームを与えるために連続的な干渉削除プロセッシングを使用して受信し、複数の受信されたシンボルストリームを適切に処理するための受信機（R X）M I M Oプロセッサであって、連続的な干渉削除プロセッシングの各ステージに対して1の検出されたデータストリームである；及び

50

対応するデコードされたデータストリームを与えるために各検出されたシンボルストリームを適切に処理するためのRXデータプロセッサ、そして

ここで、複数の送信されたデータストリームに対するデータレートは、通信システムの動作状態の指標である受信された信号－対－ノイズ－及び－干渉比（SNR）を決定することと、受信されたSNR及び連続的な干渉削除プロセッシングに基づいて複数のデータストリームのそれぞれに関する実効的なSNRを決定すること、及び実効的なSNRに基づいて各データストリームに対してデータレートを決定することによって決定され、そしてここで、少なくとも2のデータレートは等しくない。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、一般にデータ通信に係り、特に、多元チャネル通信システム、例えば、多元入力多元出力（MIMO）システム、の複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに対して使用されるべきデータレートの不均一な配信を決定するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

ワイヤレス通信システムにおいて、送信機からのRF変調された信号は、複数の伝達経路を介して受信機に届く可能性がある。伝達経路の特性は、一般にフェーディング及びマルチパスのような複数の因子のために時間とともに変化する。有害な経路効果に対するダイバーシティを与えるため及び性能を向上するために、複数の送信及び受信アンテナが使用される可能性がある。送信及び受信アンテナの間の伝達経路が、線形で独立しているのであれば（すなわち、1つの経路における送信が他の経路における送信の線形結合として形成されない）、これは少なくともある程度までは真実である、データ送信を正しく受信することの可能性は、アンテナの数が増加するとともに増加する。一般に、送信及び受信アンテナの数が増加するにつれ、ダイバーシティが増加し、そして性能が向上する。

20

【0003】

多元入力多元出力（MIMO）通信システムは、データ送信に対して複数の（ $N_T$ ）の送信アンテナ及び複数の（ $N_R$ ）の受信アンテナを採用する。 $N_T$ の送信及び $N_R$ の受信アンテナにより形成されたMIMOチャネルは、 $N_S \leq \min \{N_T, N_R\}$ である、 $N_S$ の独立したチャネルに分解される可能性がある。 $N_S$ の独立したチャネルのそれぞれも、MIMOチャネルの空間的サブチャネル（若しくは送信チャネル）として呼ばれる可能性があり、そして大きさに対応する可能性がある。複数の送信及び受信アンテナによって作り出され付加された大きさが利用されるのであれば、MIMOシステムは、向上した性能（例えば、送信能力の増加）を与えることができる。

30

【0004】

フルランクMIMOチャネルに対して、ここで、 $N_S = N_T \leq N_R$ 、独立したデータストリームは、 $N_T$ の送信アンテナのそれぞれから送信される可能性がある。送信されたデータストリームは、異なったチャネル状態（例えば、異なったフェーディング及びマルチパス効果）を経験する可能性があり、そして所定の量の送信出力に対して異なった信号－対－ノイズ－及び－干渉比（SNRs）を達成する可能性がある。さらに、連続的な干渉削除プロセッシングが送信されたデータストリームを再生するために受信機において使用されるならば（以下に述べる）、そこでデータストリームが再生される具体的な順番に依存して、異なったSNRsが、データストリームに対して達成される可能性がある。したがって、異なったデータレートは、それらの達成されたSNRsに依存して、異なったデータストリームによってサポートされる可能性がある。チャネル状態が一般的に時間とともに変化するので、各データストリームによってサポートされたデータレートも、時間とともに変化する。

40

【0005】

MIMOチャネルの特性（例えば、データストリームに対して達成されたSNRs）が

50

送信機において知られるのであれば、送信機は、固有のデータレート及び各データストリームに関するコーディング及び変調スキームを決定できる可能性があり、その結果、性能の許容できるレベル（例えば、1パーセントのパケットエラーレート）は、データストリームに対して達成される可能性がある。しかしながら、あるMIMOシステムに対して、この情報は、送信機において利用できない。その代わりに、利用できる可能性があるものは、以下のものに関する非常に限られた量の情報である。例えば、受信機において全てのデータストリームに対して期待されたSNRとして規定される可能性のある、MIMOチャネルに対するオペレーティングSNRである。この場合には、送信機は、この限られた情報に基づいて適正なデータレート及び各データストリームに関するコーディング及び変調スキームを決定する必要があるはずである。

10

**【0006】**

それゆえ、限られた情報がMIMOチャネルのための送信機において利用できる場合、高い性能を達成するために複数のデータストリームに対するデータレートのセットを決定するための技術に対してこの分野における必要性がある。

**【発明の開示】****【0007】****[サマリー]**

現在のチャネル状態の指標であるチャネル状態情報が受信機において利用できない場合には、MIMOシステムに対する向上した性能を与えるために技術が、ここに提供される。ある態様では、データレートの不均一な配信が、送信されたデータストリームに対して使用される。データレートは、(1) 最低限の“受信された”SNR（以下に述べる）を有する指定された全体のスペクトル効率、若しくは(2) 指定された受信されたSNRに対するより高い全体のスペクトル効率、を達成するために選択される可能性がある。上記の目的のそれぞれを達成するための具体的なスキームが、ここに与えられる。

20

**【0008】**

上記された第1の目的を達成するために使用される可能性がある具体的な実施形態では、方法は、多元チャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルを介して送信されるべき複数のデータストリームに対して使用されるべきデータレートを決定するために与えられる（例えば、1のデータストリームが、MIMOシステム中の各送信アンテナを経由して送信される可能性がある）。この方法にしたがって、データストリームに対して使用されるべき複数のデータレートのそれぞれに対して必要なSNRが、初めに決定される。少なくとも2のデータレートが、等しくない。各データストリームに関する“実効的な”SNR（以下に述べる）も、データストリームを再生するために、受信されたSNRおよび受信機における連続的な干渉削除プロセッシング（これも以下に述べる）に基づいて決定される。各データストリームに対して必要なSNRは、データストリームに関する実効的なSNRに対してその後比較される。各データストリームに対して必要なSNRが、データストリームに関する実効的なSNRより小さい若しくは等しければ、データレートは、サポートされるべきであると判断される。データレートの複数のセットが、評価される可能性があり、そして最小の受信されたSNRに関連付けられたレートセットは、データストリームに対する使用のために選択される可能性がある。

30

40

**【0009】**

上記された第2の目的を達成するために使用される可能性がある具体的な実施形態では、方法は、多元チャネル（例えば、MIMO）通信システムにおいて複数の送信チャネル（例えば、送信アンテナ）を介して送信されるべき複数のデータストリームに対してデータレートを決定するために与えられる。この方法にしたがって、受信されたSNRは、初めに決定される。この受信されたSNRは、システムに対して指定される可能性がある、若しくは受信機における観測に基づいて推定され、そして送信機に定期的に与えられる可能性がある。各データストリームに関する効果的なSNRも、受信されたSNR及び受信機における連続的な干渉削除プロセッシングに基づいて決定される。各データストリームに対するデータレートは、その後、少なくとも2のデータレートが等しくならないようにデ

50



ータストリームに関する効果的な S N R に基づいて決定される。

【0010】

本発明の種々の態様及び実施形態が、以下にさらに詳細に説明される。発明は、以下に詳細に説明されるように、さらに、方法、プロセッサ、送信機ユニット、受信機ユニット、基地局、ターミナル、システム、及び本発明の種々の態様、実施形態、及び特徴を実行する他の装置及び素子を与える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の特徴、性質、及び利点は、図面を使用して以下に述べる詳細な説明から、さらに明確になるであろう。図面では、一貫して対応するものは同じ参照符号で識別する。

10

【0012】

限定されたチャネル状態情報に基づいて複数のデータストリームに対するデータレート  
のセットを決定するためのここに説明された技術は、種々の多元チャネル通信システムに  
おいて実行される可能性がある。そのような多元チャネル通信システムは、多元入力多元  
出力 (M I M O) 通信システム、直交周波数分割マルチプレキシング (O F D M) 通信シ  
ステム、O F D M を採用する M I M O システム (すなわち、M I M O - O F D M システム  
)、及びその他を含む。明確にするために、種々の態様及び実施形態が、M I M O システム  
に対して具体的に説明される。

【0013】

M I M O システムは、データ送信のために複数 ( $N_T$ ) の送信アンテナ及び複数 ( $N_R$ )  
) の受信アンテナを採用する。 $N_T$  の送信アンテナ及び  $N_R$  の受信アンテナによって形成  
された M I M O チャネルは、 $N_S \leq \min \{N_T, N_R\}$  であり、 $N_S$  の独立したチャネル  
に分解される可能性がある。 $N_S$  の独立したチャネルのそれぞれも、M I M O チャネル  
の空間的サブチャネル (若しくは送信チャネル) としてみなされる可能性がある。空間的  
サブチャネルの数は、M I M O チャネルに対する固有モードの数によって決められる。こ  
れは順に、 $N_T$  の送信アンテナと  $N_R$  の受信アンテナとの間の応答を説明するチャネル応  
答マトリックス、 $\underline{H}$ 、に依存する。チャネル応答マトリックス、 $\underline{H}$ 、の要素は、 $i = 1,$   
 $2, \dots, N_R$  及び  $j = 1, 2, \dots, N_T$  に対する、独立したガウシアンランダム変数  
 $\{h_{i,j}\}$  から構成される。ここで、 $h_{i,j}$  は、 $j$  番目の送信アンテナと  $i$  番目の受  
信アンテナとの間のカップリング (すなわち、複合利得) である。単純にするために、  
チャネル応答マトリックス、 $\underline{H}$ 、は、フルランクであると仮定され (すなわち、 $N_S = N$   
 $N_T \leq N_R$ )、そして、1つの独立したデータストリームが、 $N_T$  の送信アンテナのそれぞ  
れから送信される可能性がある。

20

30

【0014】

図1は、M I M O システム 100 中の送信機システム 110 及び受信機システム 150  
の実施形態のブロック図である。

【0015】

送信機システム 110 において、複数のデータストリームに対するトラフィックデータ  
は、データソース 112 から送信 (T X) データプロセッサ 114 へ与えられる。ある実  
施形態では、各データストリームは、それぞれの送信アンテナを経由して送信される。T  
X データプロセッサ 114 は、そのデータストリームに対して選択された特定のコーディ  
ングスキームに基づいて、各データストリームに対するトラフィックデータをフォーマッ  
トし、コード化し、そしてインターリーブして、コード化されたデータを与える。

40

【0016】

各データストリームに対してコード化されたデータは、パイロットデータを使用してマル  
チプレックスされる可能性がある、例えば、時間分割マルチプレキシング (T D M) 若  
しくはコード分割マルチプレキシング (C D M) である。パイロットデータは、一般に (こ  
ともかく) 知られた方式で処理される既知のデータパターンであり、そしてチャネル応答  
を推定するために受信機システムにおいて使用される可能性がある。各データストリーム  
に対してマルチプレックスされたパイロット及びコード化されたデータは、その後、その

50

データストリームに対して選択された特定の変調スキーム（例えば、BPSK, QPSK, MPSK, 若しくはMQAM）に基づいて変調されて（すなわち、シンボルマップされて）、変調されたシンボルを与える。データレート、コーディング、及び各データストリームに対する変調は、コントローラ130によって与えられる管理によって決定される可能性がある。

#### 【0017】

全てのデータストリームに対する変調シンボルは、その後、TX MIMOプロセッサ120に与えられる。TX MIMOプロセッサ120は、（例えば、OFDMに対する）変調シンボルをさらに処理する可能性がある。TX MIMOプロセッサ120は、その後、 $N_T$ の変調シンボルストリームを $N_T$ の送信機（TMTR）122aから122tに与える。各送信機122は、それぞれのシンボルストリームを受信し、処理して、1若しくはそれ以上のアナログ信号を与える、そしてアナログ信号をさらに調整して（例えば、増幅し、フィルタし、そしてアップコンバートして）、MIMOチャネルを経由した送信に適した変調された信号を与える。送信機122aから122tからの $N_T$ の変調された信号は、その後、それぞれ $N_T$ のアンテナ124aから124tから送信される。

#### 【0018】

受信機システム150において、送信された変調された信号は、 $N_R$ のアンテナ152aから152rによって受信される、そして各アンテナ152から受信された信号は、それぞれの受信機（RCVR）154に与えられる。各受信機154は、それぞれの受信された信号を調整し（例えば、フィルタし、増幅し、そしてダウンコンバートし）、サンプルを与えるために調整された信号をデジタル化し、そして対応する“受信された”シンボルストリームを与えるためにサンプルをさらに処理する。

#### 【0019】

RX MIMO/データプロセッサ160は、その後、特定の受信機プロセッシング技術に基づいて $N_R$ の受信機154からの $N_R$ の受信されたシンボルストリームを受信し、処理して、 $N_T$ の“検出された”シンボルストリームを与える。RX MIMO/データプロセッサ160によるプロセッシングは、以下にさらに詳細に述べられる。各検出されたシンボルストリームは、対応するデータストリームに対して送信された変調シンボルの推定値であるシンボルを含む。RX MIMO/データプロセッサ160は、その後、各検出されたシンボルストリームをデモジュレートし、デインターリーブし、そしてデコードして、データストリームに対するトラフィックデータを再生する。RX MIMO/データプロセッサ160によるプロセッシングは、送信機システム110においてTX MIMOプロセッサ120及びTXデータプロセッサ114によって実施されたものに対して補完的である。

#### 【0020】

RX MIMO/データプロセッサ160は、例えば、トラフィックデータを使用してマルチプレックスされたパイロットに基づいて、 $N_T$ の送信及び $N_R$ の受信アンテナの間のチャネル応答の推定値を導出する可能性がある。チャネル応答推定値は、受信機において空間若しくは空間/時間プロセッシングを実施するために使用される可能性がある。RX MIMO/データプロセッサ160は、検出されたシンボルストリームの信号-対-ノイズ-及び-干渉比（SNRs）、及びおそらく他のチャネル特性をさらに推定する可能性があり、そしてこれらの値をコントローラ170に与える可能性がある。RX MIMO/データプロセッサ160若しくはコントローラ170は、システムに対する“オペレーティング”SNRの推定値をさらに導出する可能性がある。これは、通信リンクの状態の指標である。コントローラ170は、その後、チャネル状態情報（CSI）を与える。これは、通信リンク及び/若しくは受信されたデータストリームに関する種々のタイプの情報を具備する可能性がある。例えば、CSIは、オペレーティングSNRだけを具備する可能性がある。CSIは、その後、TXデータプロセッサ178によって処理され、モジュレータ180によって変調され、受信機154aから154rによって調整され、そして、送信機システム110へ逆に送信される。

10

20

30

40

50

## 【0021】

送信機システム110において、受信機システム150からの変調された信号は、アンテナ124によって受信され、受信機122によって調整され、デモジュレータ140によってデモジュレートされ、そしてRXデータプロセッサ142によって処理されて、受信機システムに報告されたCSIを再生する。報告されたCSIは、その後、コントローラ130に与えられ、そして(1)データレート及びデータストリームに対して使用されるべきコーディング及び変調スキームを決定するため、そして(2)TXデータプロセッサ114及びTX MIMOプロセッサ120に対する種々の制御を生成するために使用される。

## 【0022】

10

コントローラ130及び170は、それぞれ送信機及び受信機システムにおけるオペレーションを管理する。メモリ132及び172は、それぞれコントローラ130及び170により使用されたプログラムコード及びデータに対する格納を与える。

## 【0023】

MIMOシステムに対するモデルは、以下のように表される可能性がある：

$$\underline{y} = \underline{H} \underline{x} + \underline{n} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $\underline{y}$ は、受信されたベクトル、すなわち、 $\underline{y} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_{N_R}]^T$ 、ここで $\{y_i\}$ は、 $i$ 番目の受信アンテナにおいて受信されたエントリーであり、そして $i \in \{1, \dots, N_R\}$ であり、

$\underline{x}$ は、受信されたベクトル、すなわち、 $\underline{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{N_T}]^T$ 、ここで $\{x_j\}$ は、 $j$ 番目の受信アンテナにおいて受信されたエントリーであり、 $j \in \{1, \dots, N_T\}$ であり、

20

$\underline{H}$ は、MIMOチャネルに対するチャネル応答マトリックスであり、

$\underline{n}$ は、 $\underline{0}$ の平均ベクトル及び $\underline{\Lambda}_n = \sigma^2 \underline{I}$ の共分散マトリックスを有する付加的なホワイトガウシアンノイズ(AWGN)である、ここで、 $\underline{0}$ はゼロのベクトルであり、 $\underline{I}$ は対角線に沿って1でありそれ以外はゼロであるアイデンティティマトリックスであり、そして $\sigma^2$ はノイズの分散である、そして

$[\cdot]^T$ は、 $[\cdot]$ の転置を示す。

## 【0024】

伝播環境においてスキタリングに起因して、 $N_T$ の送信アンテナから送信された $N_T$ のシンボルストリームは、受信機において互いに干渉する。特に、1つの送信アンテナから送信された所定のシンボルストリームは、異なる振幅及び位相で全ての $N_R$ の受信アンテナによって受信される可能性がある。各受信された信号は、そのようにして、 $N_T$ の送信されたシンボルストリームのそれぞれの成分を含む可能性がある。 $N_R$ の受信された信号は、全ての $N_T$ の送信されたシンボルストリームを広範に含むはずである。しかしながら、これらの $N_T$ のシンボルストリームは、 $N_R$ の受信された信号の間に分散される。

30

## 【0025】

受信機において、種々のプロセッシング技術が、 $N_R$ の受信された信号を処理するために使用される可能性があって、 $N_T$ の送信されたシンボルストリームを検出する可能性がある。これらの受信機プロセッシング技術は、2つの主要なカテゴリーにグループ化される可能性がある：

40

- ・ 空間的及び空間-時間受信機プロセッシング技術（これは、イコライゼーション技術としても呼ばれる）、及び
- ・ “連続的なヌリング/イコライゼーション及び干渉削除”受信機プロセッシング技術（これは、“連続的な干渉削除”若しくは“連続的な削除”受信機プロセッシング技術としても呼ばれる）。

## 【0026】

一般に、空間的及び空間-時間受信機プロセッシング技術は、受信機において送信されたシンボルストリームを区別しようと試みる。各送信されたシンボルストリームは、(1)チャネル応答の推定値に基づいて $N_R$ の受信された信号中に含まれた送信されたシンボル

50

ストリームの種々の成分を統合すること、及び（２）他のシンボルストリームに起因する干渉を除去すること（すなわち、削除すること）によって“検出される”可能性がある。これらの受信機プロセッシング技術は、（１）他のシンボルストリームからの干渉を無くするために個々の送信されたシンボルストリームをデコリレートする、若しくは（２）他のシンボルストリームからのノイズ及び干渉の存在の中で各検出されたシンボルストリームの  $S/N_R$  を最大化すること、のいずれかを試みる。各検出されたシンボルストリームは、その後、さらに処理されて（例えば、復調され、デインターリーブされ、そしてデコードされて）、シンボルストリームに対するトラフィックデータを再生する。

#### 【００２７】

連続的な削除受信機プロセッシング技術は、空間的若しくは空間－時間受信機プロセッシングを使用して、一度に１つ、送信されたシンボルストリームを再生して、そして各“再生されたシンボルストリーム”に起因する干渉を削除することを試みる、その結果、後から再生されたシンボルストリームは、少しの干渉しか受けずに、より高い  $S/N_R$  を達成できる可能性がある。各再生されたシンボルストリームに起因する干渉が、正確に推定でき、そして削除されるのであれば、連続的な削除受信機プロセッシング技術は、使用される可能性がある。これは、シンボルストリームのエラーが無い若しくは低エラー再生を必要とする。連続的な削除受信機プロセッシング技術（これは、以下にさらに詳細に説明される）は、一般に空間的／空間－時間受信機プロセッシング技術よりも優れている。

#### 【００２８】

連続的な削除受信機プロセッシング技術に関して、 $N_R$  の受信されたシンボルストリームは、 $N_T$  のステージによって処理されて、各ステージにおいて１つの送信されたシンボルストリームを連続的に再生する。各送信されたシンボルストリームが再生されるとともに、残っている未だ再生されていないシンボルストリームに生じる干渉は、受信されたシンボルストリームから推定され、そして削除される、そして、“変調された”シンボルストリームは、次のステージによってさらに処理されて、次の送信されたシンボルストリームを再生する。送信されたシンボルストリームがエラーなしで（若しくは最小のエラーで）再生されることができれば、そしてチャネル応答推定値が妥当に正確であるならば、再生されたシンボルストリームに起因する干渉の削除は、効果的であり、そして各連続的に再生されたシンボルストリームの  $S/N_R$  は、改善される。このようにして、より高い性能が、全ての送信されたシンボルストリームに対して（おそらく再生されるべき最初の送信されたシンボルストリームを除いて）達成される可能性がある。

#### 【００２９】

以下の術語が、ここでは使用される：

- ・ “送信された”シンボルストリーム－送信アンテナから送信されたシンボルストリーム；
- ・ “受信された”シンボルストリーム－連続的な干渉削除（ $SIC$ ）受信機の第１のステージにおける空間的若しくは空間－時間プロセッサへの入力（図６参照）；
- ・ “変調された”シンボルストリーム－ $SIC$  受信機の各引き続くステージにおける空間的若しくは空間－時間プロセッサへの入力；
- ・ “検出された”シンボルストリーム－空間的プロセッサからの出力（最大  $N_T - k + 1$  シンボルストリームまでがステージ  $k$  において検出される可能性がある）；及び
- ・ “再生された”シンボルストリーム－受信機においてデコードされているシンボルストリーム（１つの検出されたシンボルストリームだけが、各ステージにおいて再生される）。

#### 【００３０】

図２は、 $N_T$  の送信されたシンボルストリームを再生するために  $N_R$  の受信されたシンボルストリームを処理するための連続的な削除受信機プロセッシング技術を示すフロー図である。単純にするために、図２に関する以下の説明は、（１）空間的サブチャネルの数は、送信アンテナの数に等しい（すなわち、 $N_S = N_T \leq N_R$ ）、及び（２）１つの独立したデータストリームが、各送信アンテナから送信されることを仮定する。

10

20

30

40

50

## 【0031】

第1のステージに対して ( $k=1$ )、受信機は、 $N_R$  の受信されたシンボルストリームに空間的若しくは空間-時間プロセッシングを初めに実施して、 $N_T$  の送信されたシンボルストリームを区別することを試みる (ステップ212)。第1のステージに対して、空間的若しくは空間-時間プロセッシングは、 $N_T$  の (未だ再生されていない) 送信されたシンボルストリームの推定値である  $N_T$  の検出されたシンボルストリームを与えられる。検出されたシンボルストリームの1つは、その後、(例えば、特定の選択スキームに基づいて) 選択され、そしてさらに処理される。ステージにおいて再生されるべき送信されたシンボルストリームのアイデンティティが、アプリアリ (a priori) 知られるのであれば、空間的若しくは空間-時間プロセッシングは、この送信されたシンボルストリームに対して1つだけの検出されたシンボルストリームを与えるために実施される可能性がある。いずれの場合においても、選択された検出されたシンボルストリームは、さらに処理されて (例えば、デモジュレートされ、デインターリーブされ、そしてデコードされて)、デコードされたデータストリームを得る。デコードされたデータストリームは、このステージにおいて再生されている送信されたシンボルストリームに対するデータストリームの推定値である (ステップ214)。

10

## 【0032】

その後、全ての送信されたシンボルストリームが再生されたか否かの決定が、なされる (ステップ216)。答えがイエスならば、受信機プロセッシングは終了する。それ以外であれば、 $N_R$  の受信されたシンボルストリームのそれぞれについてたった今-再生されたシンボルストリームに起因する干渉が、推定される (ステップ218)。干渉は、(このデータストリームに対して送信機ユニットにおいて使用された同一のコーディング、インターリーブング、そして変調スキームを使用して) 初めにデコードされたデータストリームを再エンコーディングし、再エンコードされたデータをインターリーブングし、そしてインターリーブングされたデータをシンボルマッピングすることによって、推定される可能性があり、“再変調された” シンボルストリームを得る。再変調されたシンボルストリームは、たった今再生された送信されたシンボルストリームの推定値である。再変調されたシンボルストリームは、その後、チャネル応答ベクトル  $\underline{h}_j$  中の  $N_R$  の要素のそれぞれによってコンボルブ (convolve) されて、たった今-再生されたシンボルストリームに起因する  $N_R$  の干渉成分を導出する。ベクトル  $\underline{h}_j$  は、たった今-再生されたシンボルストリームに対して使用された  $j$  番目の送信アンテナに対応する ( $N_R \times N_T$ ) チャネル応答マトリックス、 $\underline{H}$ 、の行である。ベクトル  $\underline{h}_j$  は、 $j$  番目の送信アンテナと  $N_R$  の受信アンテナとの間のチャネル応答を規定する  $N_R$  の要素を含む。

20

30

## 【0033】

$N_R$  の干渉成分は、その後、 $N_R$  の受信されたシンボルストリームから差し引かれて、 $N_R$  の変調されたシンボルストリームを導出する (ステップ220)。これらの変調されたシンボルストリームは、たった今-再生されたシンボルストリームが送信されていない (すなわち、干渉削除が効果的に実施されたと仮定する) のであれば、受信されたはずであるストリームを表す。

## 【0034】

ステップ212及び214において実施されたプロセッシングは、その後、( $N_R$  の受信されたシンボルストリームの代わりに)  $N_R$  の変調されたシンボルストリームに繰り返されて、他の送信されたシンボルストリームを再生する。ステップ212及び214は、再生されるべき各送信されたシンボルストリームに対してこのようにして繰り返され、そして、再生されるべき他の送信されたシンボルストリームがあれば、ステップ218及び220が実施される。

40

## 【0035】

第1ステージに対して、入力シンボルストリームは、 $N_R$  の受信アンテナからの  $N_R$  の受信されたシンボルストリームである。そして各引き続くステージに対して、入力シンボルストリームは、先立つステージからの  $N_R$  の変調されたシンボルストリームである。各

50

ステージに対するプロセッシングは、同様の方法で続く。第1ステージに続く各ステージにおいて、前のステージにおいて再生されたシンボルストリームは、削除されたと仮定され、その結果チャネル応答マトリックス  $\underline{H}$  の大きさは、各後続のステージに対して1行だけ連続的に減少する。

#### 【0036】

連続的な削除受信機プロセッシングは、このようにして、再生されるべき各送信されたシンボルストリームに対して1つのステージの、複数のステージを含む。各ステージは、送信されたシンボルストリームの1つを再生し、そして（最後のステージ以外は）この再生されたシンボルストリームに起因する干渉を削除して、次のステージに対する変調されたシンボルストリームを導出する。各連続的に再生されたシンボルストリームは、このよう

10

#### 【0037】

連続的な削除受信機プロセッシングに対して、 $k$  番目のステージに対する入力シンボルストリームは、（前の  $k-1$  ステージにおいて再生されたシンボルストリームからの干渉が、効果的に削除されていると仮定して）以下のように表される可能性がある：

$$\underline{y}_k = \underline{H}_k \underline{x}_k + \underline{n} \quad \text{式(2)}$$

ここで、 $\underline{y}_k$  は、 $k$  番目のステージに対する  $N_R \times 1$  の入力ベクトル、すなわち、 $\underline{y}_k = [y_1^k \ y_2^k \ \dots \ y_{N_R}^k]^T$  であり、ここで  $\{y_i^k\}$  は、 $k$  番目のステージにお

20

ける  $i$  番目の受信アンテナに対するエントリーであり；  
 $\underline{x}_k$  は、 $k$  番目のステージに対する  $(N_T - k + 1) \times 1$  の送信されたベクトル、すなわち、 $\underline{x}_k = [x_k \ x_{k+1} \ \dots \ x_{N_T}]^T$  であり、ここで  $x_j$  は、 $j$  番目の送信アンテナから送信されたエントリーであり；

$\underline{H}_k$  は、MIMOチャネルに対する  $N_R \times (N_T - k + 1)$  チャネル応答マトリックスであり、以前に再生されたシンボルストリームに対する  $k-1$  列が削除されている、すなわち、 $\underline{H}_k = [\underline{h}_k \ \underline{h}_{k+1} \ \dots \ \underline{h}_{N_T}]$ ；及び

$\underline{n}$  は、付加的なホワイトガウシアンノイズである。

#### 【0038】

単純にするために、式(2)は、送信されたシンボルストリームは、送信アンテナの順番に再生される（すなわち、送信アンテナ1から送信されたシンボルストリームが、第1に再生され、そして送信アンテナ2から送信されたシンボルストリームが、2番目に再生され、等々、そして、送信アンテナ  $N_T$  から送信されたシンボルストリームが、最後に再生される）と仮定する。式(2)は、以下のように書き直される可能性がある：

30

#### 【数1】

$$\underline{y}_k = \sum_{j=k}^{N_T} \underline{h}_j \underline{x}_j + \underline{n} \quad \text{式(3)}$$

40

#### 【0039】

ステージ  $k$  において再生されるべき送信されたシンボルストリームは、干渉サブ空間（若しくは平面） $\underline{S}^I$  から特定の角度で投影されるものとして見られる可能性がある。送信されたシンボルストリームは、チャネル応答ベクトル  $\underline{h}_k$  に依存する（そして規定される）。送信されたシンボルストリームの干渉のない成分は、干渉のないサブ空間におけるチャネル応答ベクトル、 $\underline{h}_k$ 、を投影することによって得られる可能性がある。干渉のないサブ空間は、干渉サブ空間に直交する。この投影は、 $\underline{h}_k$  を  $\underline{w}$  の応答を有するフィルタで掛け算することによって達成される可能性がある。投影の後で最大のエネルギーを達成するフィルタは、 $\underline{h}_k$  及び干渉サブ空間  $\underline{S}^I$  によって構成されたサブ空間中に位置するものである。ここで、 $n = 1, 2, \dots, N_T - k$  に対して、 $\underline{S}^I = \text{span} ($

50

$\underline{i}_1 \ \underline{i}_2 \ \dots \ \underline{i}_{N_T-k})$ ,  $\underline{i}_m^H \underline{i}_n = \delta_{m,n}$ 、及び  $\{\underline{i}_n\}$  は、干渉サブ空間  $S^\perp$  に広がっている直交正規基準である。投影の後で平均エネルギーは、次式で与えられる：  
【数 2】

$$\begin{aligned} E[\underline{w}^H \underline{h}_k]^2 &= E[\underline{h}_k^H \underline{h}_k] - E[\underline{S}'^H \underline{h}_k]^2 \\ &= \frac{N_R}{N_T} - \sum_{j=1}^{N_T-k} \underline{i}_j^H E[\underline{h}_k \underline{h}_k^H] \underline{i}_j \\ &= \frac{N_R - N_T + k}{N_T} \end{aligned} \quad \text{式 (4)}$$

10

【0040】

ここで、 $\underline{w}^H \underline{h}_k$  は、干渉のないサブ空間上の投影  $\underline{h}_k$ （すなわち、所望の成分）を表す、そして

$\underline{S}'^H \underline{h}_k$  は、干渉サブ空間上の投影  $\underline{h}_k$ （すなわち、干渉成分）を表す。

20

【0041】

式（4）は、等しい送信出力が送信アンテナに対して使用されると仮定する。

【0042】

k 番目のステージにおいて再生されたシンボルストリームに関する効果的な SNR、 $SNR_{eff}(k)$  は、以下のように表される可能性がある：

【数 3】

$$SNR_{eff}(k) = \frac{P_{tot}(N_R - N_T + k)}{\sigma^2 N_T} \quad \text{式 (5)}$$

30

【0043】

ここで、 $P_{tot}$  は、データ送信に対して利用可能な総送信出力であり、これは、 $N_T$  の送信アンテナにわたって均一に配信され、その結果  $P_{tot} / N_T$  が、各送信アンテナに対して使用される、そして

$\sigma^2$  は、ノイズ変動である。

【0044】

全ての  $N_R$  の受信されたシンボルストリームに対する受信された SNR、 $SNR_{rx}$  は、以下のように規定される可能性がある：

40

【数 4】

$$SNR_{rx} = \frac{P_{tot} N_R}{\sigma^2} \quad \text{式 (6)}$$

【0045】

式（5）及び（6）を統合して、k 番目のステージにおいて再生されたシンボルストリームに関する効果的な SNR は、以下のように表される可能性がある：

50

【数 5】

$$\text{SNR}_{\text{eff}}(k) = \left( \frac{N_R - N_T + k}{N_T N_R} \right) \text{SNR}_x \quad \text{式 (7)}$$

【0046】

式（7）に示された効果的な S N R の式は、複数の仮定に基づく。第 1 に、各再生されたデータストリームに起因する干渉が、効果的に削除され、後続の再生されたシンボルストリームにより観測されたノイズ及び干渉に寄与しないと仮定する。第 2 に、エラーが 1 つのステージから他へ伝播しない（若しくは、少ししか伝播しない）と仮定する。第 3 に、S N R を最大にする最適なフィルタが、各検出されたシンボルストリームを得るために使用される。式（7）は、線形の単位で（すなわち、l o g 若しくは d B 単位でなく）効果的な S N R も与える。

10

【0047】

上記されたように、送信されたシンボルストリームは、異なったチャネル状態を経験する可能性があり、そして送信出力の所定の量に対して異なった S N R s を達成する可能性がある。各シンボルストリームの達成された S N R が送信機において知られるのであれば、データレート及び対応するデータストリームに関するコーディング及び変調スキームは、目的のパケットエラーレート（P E R）を達成しながら、スペクトル効率を最大にするために選択される。しかしながら、いくつかの M I M O システムに対して、現在のチャネル状態を示すチャネル状態情報が、送信機において利用できない。この場合には、データストリームに対して順応性のあるレート制御を実施することが不可能である。

20

【0048】

従来は、いくつかの M I M O システムでは、チャネル状態情報が送信機において利用できない場合に、データは、同一のデータレート（すなわち、データレートの一様な配信）で  $N_T$  の送信アンテナを経由して送信される。受信機において、 $N_R$  の受信されたシンボルストリームは、連続的な削除受信機プロセッシング技術を使用して処理される可能性がある。ある従来のスキームでは、各ステージ  $k$  における  $(N_T - k + 1)$  の検出されたシンボルストリームの S N R s が決定され、そして最大の S N R を有する検出されたシンボルストリームは、そのステージにおいて再生される。データレートの一様な配信を有するこの送信スキームは、最適に準じた性能を与える。

30

【0049】

技術は、現在のチャネル状態の指標であるチャネル状態情報が送信機において利用できない場合に、M I M O システムに対して改善された性能を与えるためにここに与えられる。1 態様では、データレートの不均一な配信が、送信されたデータストリームに対して使用される。データレートは、（1）より低い最小の受信された S N R を有する所定の若しくは指定された全スペクトル効率、若しくは（2）所定の若しくは指定された受信された S N R に対するより高い全スペクトル効率、を達成するために選択される可能性がある。上記の目的のそれぞれを達成するための具体的なスキームが、以下に与えられる。データレートの不均一な配信が、一般に多くの場合において従来のデータレートの一様な配信より優れていることが示される。

40

【0050】

式（7）に示されたように、各再生されたシンボルストリームの実効的な S N R は、式（7）の分子中の因子“ $k$ ”によって示されたように、それが再生された特定のステージに依存する。最も低い実効的な S N R は、最初に再生されたシンボルストリームに対して達成され、そして最も大きい実効的な S N R は、最後に再生されたシンボルストリームに対して達成される。

【0051】

改善された性能を達成するために、データレートの不均一な配信は、それらの実効的な

50



S N R s に依存して、異なるアンテナにおいて送信されたデータストリームに対して使用される可能性がある（すなわち、異なるスペクトル効率が、異なる送信アンテナに割り当てられる可能性がある）。受信機において、送信されたデータストリームは、データレートの昇り順に再生される可能性がある。すなわち、最も低いデータレートを有するデータストリームが、最初に再生され、次に大きなデータレートを有するデータストリームは、2 番目に再生され、そして等々、そして最も大きいデータレートを有するデータストリームが、最後に再生される。

#### 【0052】

データストリームに対して使用されるべきデータレートは、種々の考えを考慮にいて決定される可能性がある。最初に、式（7）に示されたように、早期に再生されたシンボルストリームは、より低い実効的な S N R s を達成し、そしてより低いダイバーシティ順をさらに受ける。事実、ステージ  $k$  におけるダイバーシティ順は、 $(N_R - N_T + k)$  として与えられる可能性がある。さらに、早期に再生されたシンボルストリームからのデコーディングエラーは、後で再生されたシンボルストリームに伝播し、そしてこれらの後続の再生されたシンボルストリームの実効的な S N R s に影響を与えることが可能である。早期に再生されたシンボルストリームに対するデータレートは、このようにしてこれらのシンボルストリームの再生に高い確信を達成するために、そして後で再生されたシンボルストリームにおけるエラー伝播（E P）効果を削減する若しくは制限するために選択される可能性がある。第2に、後で再生されたシンボルストリームが、より高い実効的な S N R s を達成できる可能性があっても、より大きなスペクトル効率をサポートするために指定されるのであれば、後で再生されたシンボルストリームは、エラーに対してより無防備になる可能性がある。

#### 【0053】

種々のスキームは、（1）所定のデータレートの配信（若しくはスペクトル効率）をサポートするために必要な最小の受信された S N R を決定するため、若しくは（2）所定の受信された S N R に対するベスト性能を達成するスペクトル効率の配信を決定するために実行される可能性がある。これらの目的のそれぞれに対する1つの具体的なスキームが、以下に説明される。

#### 【0054】

図3は、所定のデータレートのセットをサポートするために必要な最小の受信された S N R を決定するためのプロセス300の実施形態のフロー図である。このデータレートのセットは、 $k = 1, 2, \dots, N_T$  に対して、 $\{r_k\}$  として表され、そして  $r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_{N_T}$  になるように順番に並べらる。セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、 $N_T$  の送信アンテナから送信されるべき  $N_T$  のデータストリームに対して使用されるべきである。

#### 【0055】

はじめに、セット  $\{r_k\}$  中の各データレート（若しくはスペクトル効率）をサポートする受信機において要求される S N R が、決定される（ステップ312）。これは、必要な S N R 対スペクトル効率のルックアップテーブルを使用することによって達成される可能性がある。所定のスペクトル効率に対して必要な S N R は、以下の仮定に基づいて（例えば、コンピュータシミュレーションを使用して）決定される可能性がある。仮定は、単一のデータストリームが、 $\{1, N_R\}$  単一入力多元出力（S I M O）チャネルを経由して送信され、そして特定の目的の P E R（例えば、1 % P E R）に対してさらに決定される。データレート  $r_k$  を有するデータストリームに対して必要な S N R は、 $S N R_{r_e q}(r_k)$  として表される。 $N_T$  の必要な S N R s のセットは、 $N_T$  のデータストリームに対してステップ312において得られる。

#### 【0056】

セット  $\{r_k\}$  中の  $N_T$  のデータレートは、目的の P E R を達成するために（例えば、ルックアップテーブルから決められるように）受信機において要求された  $N_T$  の S N R s と関連付けられる。これらの  $N_T$  のデータレートは、式（7）に示されたように、受信機

において連続的な干渉削除プロセッシングを使用して特定の受信された  $SNR$  に基づいて受信機において達成される可能性がある  $N_T$  の実効的な  $SNR_s$  にも関連付けられる。 $N_T$  の必要な  $SNR_s$  が対応する実効的な  $SNR$  にある若しくは以下であるのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、サポートされるべきであると判断される。視覚的に、 $N_T$  の必要な  $SNR_s$  は、データレートに対してプロットされる可能性があり、第1の線によって一緒に結ばれる。そして、 $N_T$  の実効的な  $SNR_s$  も、データレートに対してプロットされる可能性があり、そして第2の線によって一緒に結ばれる。第1の線のどの部分も第2の線の上方にないのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、その後、サポートされるべきであると判断される。

【0057】

10

所定のデータレートに対するマージンは、データレートに関する実効的な  $SNR$  と必要な  $SNR$  との間の差として規定される可能性がある、すなわち、 $margin(k) = SNR_{eff}(r_k) - SNR_{req}(r_k)$  である。各データレートに対するマージンがゼロ以上であれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートも、サポートされるべきであると判断される。

【0058】

データストリームに関する実効的な  $SNR$  は、受信された  $SNR$  に依存し、そして式(7)に示されたように、受信された  $SNR$  から導出される可能性がある。セット  $\{r_k\}$  中の  $N_T$  のデータレートをサポートするために必要な最小の受信された  $SNR$  は、少なくとも1のデータレートが必要な  $SNR$  に等しくなる(すなわち、ゼロマージンである)実効的な  $SNR$  に結果としてなる受信された  $SNR$  である。セット  $\{r_k\}$  中に含まれた具体的なデータレートに依存して、(ゼロの)最小のマージンは、セット中の任意の  $N_T$  のデータレートに対して達成される可能性がある。

20

【0059】

第1の繰り返しに対して、最小のマージンは、最後に再生されたデータストリームによって達成されると仮定する。そして、インデックス変数  $\lambda$  は、 $N_T$  に設定される(すなわち、 $\lambda = N_T$ ) (ステップ314)。 $\lambda$  番目の再生されたデータストリームに関する実効的な  $SNR$  は、その後、その必要な  $SNR$  に等しく設定される(すなわち、 $SNR_{eff}(\lambda) = SNR_{req}(\lambda)$ ) (ステップ316)。受信された  $SNR$  は、次に、式(7)を使用して、 $\lambda$  番目の再生されたデータストリームに対する  $SNR_{eff}(\lambda)$  の実効的な  $SNR$  に基づいて決定される(ステップ318)。 $\lambda = N_T$  の場合に第1の繰り返しに対して、受信された  $SNR$  は、 $k = N_T$  として式(7)を使用して決定される可能性がある。これは、そして以下のように表される可能性がある：

30

$$SNR_{rx} = N_T \cdot SNR_{eff}(N_T) \quad \text{式(8)}$$

各残りのデータストリームの実効的な  $SNR$  は、その後、ステップ318において計算された受信された  $SNR$  及び  $k = 1, 2, \dots, N_T - 1$  に対して、式(7)を使用することに基づいて決定される(ステップ320)。 $N_T$  の実効的な  $SNR$  のセットは、 $N_T$  のデータストリームに対してステップ320によって得られる。

【0060】

セット  $\{r_k\}$  中の各データレートに対して必要な  $SNR$  は、その後、データレートに関する実効的な  $SNR$  に対して比較される(ステップ322)。セット  $\{r_k\}$  中のデータレートが、ステップ318において決定された受信された  $SNR$  によってサポートされるか否かの決定が、次になされる(ステップ324)。特に、 $N_T$  のデータレートのそれぞれに対して必要な  $SNR$  が、そのデータレートに関する実効的な  $SNR$  より小さい若しくは等しいのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、受信された  $SNR$  によってサポートされるべきであると判断され、そして結果が表示される(ステップ326)。それ以外は、 $N_T$  のデータレートのいずれか1つでも、データレートに関する実効的な  $SNR$  を超えるのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、受信された  $SNR$  によってサポートされるべきでないと判断される。この場合には、変数  $\lambda$  は、減少する(すなわち、 $\lambda = \lambda - 1$ 、その結果、第2の繰り返しに対して  $\lambda = N_T - 1$ ) (ステップ328)。

40

50

プロセスは、その後ステップ 3 1 6 に戻って、最小のマージンが 2 番目から最後に再生されたデータストリームに対して達成されたとする仮定の下で、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートに関する実効的な  $SNR_s$  のセットを決定する。必要に応じてできるだけ多くの繰り返しだが、ステップ 3 2 6 において成功が表示されるまで実施される可能性がある。成功の表示に結果としてなる反復に対してステップ 3 1 8 において決定された受信された  $SNR$  は、その後、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートをサポートするために必要な最小の受信された  $SNR$  である。

#### 【0061】

図 3 に示されたプロセスは、所定のデータレートのセットが所定の受信された  $SNR$  によってサポートされるか否かを決定するためにも使用される可能性がある。この受信された  $SNR$  は、オペレーティング  $SNR$ 、 $SNR_o$ 、に対応する可能性がある。 $SNR_o$  は、受信機における平均若しくは予期された（しかし瞬間的である必要はない）受信された  $SNR$  である可能性がある。オペレーティング  $SNR$  は、受信機における観測に基づいて決定される可能性があり、送信機に周期的に与えられる可能性がある。あるいは、オペレーティング  $SNR$  は、送信機が運営すると予定される MIMO チャンネルの推定値である可能性がある。いずれの場合でも、受信された  $SNR$  は、MIMO システムに対して与えられる若しくは指定される。

#### 【0062】

図 3 を参照して、所定のデータレートのセットが所定の受信された  $SNR$  によってサポートされるか否かを決定するために、各データレートに対して必要な  $SNR$  が、初めに決定される可能性がある（ステップ 3 1 2）。 $N_T$  の必要な  $SNR$  のセットは、 $N_T$  のデータストリームに対してステップ 3 1 2 において得られる。受信された  $SNR$  がすでに与えられているので、ステップ 3 1 4、3 1 6、及び 3 1 8 は、スキップされる可能性がある。各データストリームの実効的な  $SNR$  は、所定の受信された  $SNR$  に基づいて及び  $k = 1, 2, \dots, N_T$  に対して式 (7) を使用して決定される（ステップ 3 2 0）。 $N_T$  の実効的な  $SNR$  のセットは、 $N_T$  のデータストリームに対してステップ 3 2 0 において得られる。

#### 【0063】

セット  $\{r_k\}$  中の各データレートに対して必要な  $SNR$  は、その後、そのデータレートに関する実効的な  $SNR$  に対して比較される（ステップ 3 2 2）。セット  $\{r_k\}$  中のデータレートが受信された  $SNR$  によってサポートされるか否かの決定が、次になされる。 $N_T$  のデータレートのそれぞれに対して必要な  $SNR$  が、そのデータレートに関する実効的な  $SNR$  より小さい若しくは等しいのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、受信された  $SNR$  によってサポートされると判断され、そして成功が表示される（ステップ 3 2 6）。それ以外は、 $N_T$  のデータレートのいずれか 1 つに対して必要な  $SNR$  が、データレートに関する実効的な  $SNR$  を超えるのであれば、セット  $\{r_k\}$  中のデータレートは、受信された  $SNR$  によってサポートされないと判断され、失敗が表示される。

#### 【0064】

明確にするために、2 つの送信アンテナ（すなわち、 $N_T = 2$ ）及び 4 つの受信アンテナ（すなわち、 $N_R = 4$ ）を有する  $\{2, 4\}$  MIMO システムに対する一例が、以下に説明され、1 ヘルツ当り毎秒 3 ビット ( $\text{bps}/\text{Hz}$ ) の全体スペクトル効率をサポートするために明示される。この例に対して、データレートの 2 セットが、評価される。第 1 のセットは、 $1 \text{ bps}/\text{Hz}$  及び  $2 \text{ bps}/\text{Hz}$  に対応するデータレートを含み、そして第 2 のセットは、 $4/3 \text{ bps}/\text{Hz}$  及び  $5/3 \text{ bps}/\text{Hz}$  に対応するデータレートを含む。各レートセットの性能は、（例えば、図 3 に示されたプロセスに基づいて）決定され、そして互いに比較される。

#### 【0065】

図 4 は、 $1 \text{ bps}/\text{Hz}$ 、 $4/3 \text{ bps}/\text{Hz}$ 、 $5/3 \text{ bps}/\text{Hz}$ 、及び  $2 \text{ bps}/\text{Hz}$  のスペクトル効率に対する  $\{1, 4\}$  MIMO システムに関する PER 対  $SNR$  のプロットを示す。これらのプロットは、この分野で知られているように、コンピュータシミ

10

20

30

40

50

ュレーション若しくはある種の他の手段によって生成される可能性がある。MIMOシステムは、一般に特定の目的のPERにおいて動作するように示される。この場合に、各スペクトル効率に対して目的のPERを達成するために必要なSNRが決定され、そしてルックアップテーブルに記憶される可能性がある。例えば、目的のPERが1%であるならば、 $-2.0\text{ dB}$ 、 $0.4\text{ dB}$ 、 $3.1\text{ dB}$ 、及び $3.2\text{ dB}$ の値が、それぞれ $1, 4/3, 5/3$ 、及び $2\text{ bps/Hz}$ のスペクトル効率に対してルックアップテーブルに記憶される可能性がある。

#### 【0066】

第1のレートセットに対して、それぞれ、1および $2\text{ bps/Hz}$ のスペクトル効率を有するデータストリーム1及び2に対して必要なSNRsは、図4のプロット412及び418を使用して決定される可能性があり（図3のステップ312）、以下の通りである：

$SNR_{req}(1) = -2.0\text{ dB}$ 、 $1\text{ bps/Hz}$ のスペクトル効率を有するデータストリーム1に対して、及び

$SNR_{req}(2) = 3.2\text{ dB}$ 、 $2\text{ bps/Hz}$ のスペクトル効率を有するデータストリーム2に対して。

#### 【0067】

データストリーム2の実効的なSNR（これは最後に、そしてデータストリーム1からの干渉が効果的に削除されたという仮定の下で再生される）は、その後、その必要なSNRに設定され（ステップ316）、以下の通りである：

$$SNR_{eff}(2) = SNR_{req}(2) = 3.2\text{ dB}。$$

#### 【0068】

受信されたSNRは、その後、式（8）に基づいて決定され、以下の通りである：

$$SNR_{rx} = 2 \cdot SNR_{req}(2), \quad \text{直線単位に対して、若しくは}$$

$$SNR_{rx} = SNR_{req}(2) + 3.0\text{ dB} = 6.2\text{ dB}, \quad \text{ログ単位に対して。}$$

#### 【0069】

各残りのデータストリーム（すなわち、データストリーム1）の実効的なSNRは、式（7）に基づいて次に決定され（ステップ320）、以下の通りである：

$$SNR_{eff}(1) = 3/8 \cdot SNR_{rx}, \quad \text{直線単位に対して、若しくは}$$

$$SNR_{eff}(1) = SNR_{rx} - 4.3\text{ dB} = 1.9\text{ dB}, \quad \text{ログ単位に対して。}$$

#### 【0070】

第1のレートセット中の各データレートに関する実効的な及び必要なSNRは、表1の列2及び3に与えられる。各データレートに対するマージンも、決定され、表1の最後の行に与えられる。

10

20

30

【表 1】

表 1

|                    | 第1のレートセット |     | 第2のレートセット |     | 単位     |
|--------------------|-----------|-----|-----------|-----|--------|
| データストリーム           | 1         | 2   | 1         | 2   |        |
| スペクトル効率            | 1         | 2   | 4/3       | 5/3 | bps/Hz |
| SNR <sub>eff</sub> | 1.9       | 3.2 | 1.8       | 3.1 | dB     |
| SNR <sub>req</sub> | -2.0      | 3.2 | 0.4       | 3.1 | dB     |
| マージン               | 3.9       | 0.0 | 1.4       | 0.0 | dB     |

10

## 【0071】

データストリーム 1 及び 2 に対して必要な SNR は、その後、これらのデータストリームに関する実効的な SNR s に対して比較される（ステップ 322）。 $SNR_{req}(2) = SNR_{eff}(2)$  及び  $SNR_{req} < SNR_{eff}(1)$  であるので、データレートはこのセットは、6.2 dB の最小の受信された SNR によってサポートされる。

20

## 【0072】

第 1 のレートセットが、図 3 に示されたプロセスを通して最初の反復によってサポートされると判断されるので、追加の反復は実施される必要がない。しかしながら、この第 1 のレートセットが 6.2 dB の受信された SNR によってサポートされていないのであれば（例えば、データストリーム 1 に対して必要な SNR が、1.9 dB より大きくなるように変化するのであれば）、もう 1 つの反復が実施されるはずであり、それによって受信された SNR は、 $SNR_{req}(1)$  に基づいて決定され、そして 6.2 dB より大きくなるはずである。

## 【0073】

第 2 のレートセットに対して、それぞれ、4/3 及び 5/3 bps/Hz のスペクトル効率を有するデータストリーム 1 及び 2 に対して必要な SNR は、図 4 のプロット 414 及び 416 を使用して決定される可能性があり、以下の通りである：

30

$SNR_{req}(1) = 0.4$  dB、4/3 bps/Hz のスペクトル効率を有するデータストリーム 1 に対して、及び

$SNR_{req}(2) = 3.1$  dB、5/3 bps/Hz のスペクトル効率を有するデータストリーム 2 に対して。

## 【0074】

データストリーム 2 の実効的な SNR は、その後、その必要な SNR に設定される。受信された SNR は、その後、式 (8) に基づいて決定され、以下の通りである：

$SNR_{rx} = SNR_{req}(2) + 3.0$  dB = 6.1 dB、ログ単位に対して。

40

## 【0075】

各残りのデータレート（すなわち、データレート 1）の実効的な SNR は、式 (7) に基づいて次に決定され、以下の通りである：

$SNR_{eff}(1) = SNR_{rx} - 4.3$  dB = 1.8 dB、ログ単位に対して。

## 【0076】

第 2 のレートセット中の各データレートに関する実効的な及び必要な SNR s は、表 1 の列 4 及び 5 に与えられる。

## 【0077】

データストリーム 1 及び 2 の実効的な SNR s は、その後、それらの必要な SNR s に対して比較される。再び、 $SNR_{req}(2) = SNR_{eff}(2)$  及び  $SNR_{req}(2) < SNR_{eff}(1)$  であるので、データレートはこのセットは、6.2 dB の最小の受信された SNR によってサポートされる。

50

1)  $< \text{SNR}_{\text{eff}}(1)$  であるので、このデータレートのセットは、6.1 dB の最小の受信された SNR によってサポートされる。

#### 【0078】

上記の説明は、“縦の”連続的な干渉削除スキームに対してであり、これによって1つのデータストリームが、各送信アンテナから送信され、そして、受信機において、1つのデータストリームが、1つの送信アンテナからのストリームをプロセッシングすることによって、連続的な干渉削除受信機の各ステージにおいて再生される。図4のプロット及びルックアップテーブルは、この垂直スキームに対して導出される。

#### 【0079】

ここに説明された技術は、“対角線の”連続的な干渉削除スキームに対しても使用される可能性があり、これによって各データストリームは、複数の（例えば、全ての  $N_T$  の）送信アンテナ（及びおそらく、複数の周波数ビンにわたって）から送信される。受信機において、1つの送信アンテナからのシンボルは、連続的な干渉削除受信機の各ステージにおいて検出される可能性があり、そして各データストリームは、複数のステージから検出されたシンボルから再生される可能性がある。対角線スキームに対して、他の1つのプロットの設定及び他の1つのルックアップテーブルが導出されそして使用される可能性がある。ここに説明した技術は、他の順番をつけるスキームに対しても使用される可能性があり、そしてこれは、本発明の範囲内である。

#### 【0080】

上記の例に関して、次のことが示される。対角線の連続的な干渉削除スキームに対して、データレートの一様な配信をサポートするために必要な最小の受信された SNR（すなわち、2つのデータストリームのそれぞれについて  $1.5 \text{ bps/Hz}$  のスペクトル効率）は、第2のレートセットに対して必要なもの（すなわち、 $4/3$  及び  $5/3$  のスペクトル効率）より約 0.6 dB 高い。この利得は、システム設計をひどく複雑にすることなく達成される。

#### 【0081】

所定の全体のスペクトル効率に対する目的の PER を達成するために必要な最小の受信された SNR を削減するために、最後に再生されたデータストリームは、以前に再生されたデータストリームのいずれに対してもエラーが伝播しない条件に違反しない、最も小さい可能性のあるスペクトル効率で割り当てられる可能性がある。最後に再生されたデータストリームのスペクトル効率が減少するのであれば、1若しくはそれ以上の以前に再生されたデータストリームのスペクトル効率は、所定の全体のスペクトル効率を達成するためにそれに応じて増加させる必要がある。早期に再生されたデータストリームに対する増加したスペクトル効率は、より高い必要な SNRs に結果としてなるはずである。早期に再生されたデータストリームのいずれか1のスペクトル効率が高くなりすぎるのであれば、最小の受信された SNR は、このデータストリームに対して必要な SNR によって決定され、そして最後に再生されたデータストリームによってではない（これは、データレートの一様な配信に対する場合である）。

#### 【0082】

上記の例では、第2のレートセットは、より小さな受信された SNR を必要とする。その理由は、後で再生されたデータストリーム2が、最初に再生されたデータストリーム1に対するエラーが伝播しない条件に違反しない、より小さなスペクトル効率を割り当てられるからである。第1のレートセットに対して、データストリーム1に割り当てられたスペクトル効率は、余りに控え目であり、その結果、エラーが伝播しないと仮定する一方で、データストリーム2に割り当てられるべき、より高いスペクトル効率を強制することによって全体の性能を害する。比較として、第2のレートセットは、（第1のレートセットに比較して信頼性が低い）エラーが伝播しないことをまだ保障するデータストリーム1へより現実的なスペクトル効率を割り当てる。表1に示されたように、第1のレートセットに対するデータストリーム1のマージンは、3.9 dB であり、一方、第2のレートセットに対するデータストリーム1のマージンは、1.4 dB である。

10

20

30

40

50

## 【0083】

ここに説明された技術は、所定の受信されたS N R（これはM I M Oシステムに対するオペレーティングS N Rである可能性がある）に対する全体のスペクトル効率を最大にするデータレートのセットを決定するためにも使用される可能性がある。この場合には、実効的なS N R sのセットは、所定の受信されたS N Rに基づいてそして式（7）を使用して $N_T$ のデータストリームに対して始めに決定される可能性がある。セット中の各実効的なS N Rに対して、目的のP E Rに対するこの実効的なS N Rによってサポートされる可能性がある最も高いスペクトル効率は、その後、決定される。これは、スペクトル効率に関する実効的なS N Rの値を記憶する他の1つのルックアップテーブルを使用することによって達成される可能性がある。 $N_T$ のスペクトル効率のセットは、 $N_T$ の実効的なS N R sのセットに対して得られる。 $N_T$ のスペクトル効率のこのセットに対応するデータレートのセットは、その後決定され、そして $N_T$ のデータストリームに対して使用される可能性がある。このレートセットは、所定の受信されたS N Rに対する全体のスペクトル効率を最大にする。

10

## 【0084】

上記の説明では、データストリームの実効的なS N R sは、受信されたS N Rに基づいてそして式（7）を使用して決定される。この式は、典型的なM I M Oシステムに対して一般的に（大部分は）真実である、上記したような、種々の仮定を含む。さらに、式（7）も、受信機において連続的な干渉削除プロセッシングの使用に基づいて導出される。異なった式若しくはルックアップテーブルは、異なったオペレーティング条件及び／若しくは異なった受信機プロセッシング技術に対するデータストリームの実効的なS N R sを決定するためにも使用される可能性がある。これは、本発明の範囲内である。

20

## 【0085】

単純にするために、データレートの決定は、M I M Oシステムに対して具体的に説明される。これらの技術は、他の多元チャネル通信システムに対しても使用される可能性がある。

## 【0086】

ワイドバンドM I M Oシステムは、周波数選択的フェーディングを経験する可能性がある。これは、システムバンド幅にわたり異なる量の減衰によって特徴付けられる。周波数選択的フェーディングは、インターシンボル干渉（I S I）を引き起こす。これは、それによって受信された信号中の各シンボルが、受信された信号中の後続のシンボルへの歪として作用する現象である。この歪は、受信されたシンボルを正しく検出する能力に影響を与えることによって性能を劣化させる。

30

## 【0087】

O F D Mは、I S Iを克服するために及び／若しくは他の理由のために使用される可能性がある。あるO F D Mシステムは、全体のシステムバンド幅を複数（ $N_F$ ）の周波数サブチャネルに効率的に区分する。周波数サブチャネルは、サブバンド若しくは周波数ビンとしても呼ばれる可能性がある。各周波数サブチャネルは、そこでデータが変調される可能性があるそれぞれのサブキャリアに関連付けられる。O F D Mシステムの周波数サブチャネルは、送信及び受信アンテナの間の伝播経路の特性（例えば、マルチパスプロファイル）に依存して、周波数選択的フェーディングも経験する可能性がある。O F D Mを使用して、周波数選択的フェーディングに起因するI S Iは、この分野で知られるように、各O F D Mシンボルの部分を繰り返すこと（すなわち、各O F D Mシンボルに周期的なプリフィックスを付けること）によって、克服される可能性がある。

40

## 【0088】

O F D Mを利用するM I M Oシステム（すなわち、M I M O-O F D Mシステム）に対して、 $N_F$ の周波数サブチャネルは、データ送信に対する $N_S$ の空間的サブチャネルのそれぞれにおいて利用可能である。各空間的サブチャネルの各周波数サブチャネルは、送信チャネルとしてみなされる可能性があり、そして $N_F \cdot N_S$ の送信チャネルは、 $N_T$ の送信アンテナと $N_R$ の受信アンテナとの間のデータ送信に対して利用可能である。上述され

50

たデータレート決定は、MIMOシステムに対して上述したものと同様に、 $N_T$ の送信アンテナのセットに対して実施される可能性がある。あるいは、データレートの決定は、 $N_F$ の周波数サブチャネルのそれぞれに対する $N_T$ の送信アンテナのセットに対して独立して実施される可能性がある。

【0089】

#### 送信機システム

図5は、送信機ユニット500のブロック図である。これは、図1の送信機システム110の送信機部分の実施形態である。この実施形態では、別々のデータレート及びコーディング及び変調スキームが、 $N_T$ の送信アンテナにおいて送信されるべき $N_T$ のデータストリーム

10

のそれぞれに対して使用される可能性がある（すなわち、アンテナ当りの基準で別々のコーディング及び変調）。具体的なデータレート及び各送信アンテナに対して使用されるべきコーディング及び変調スキームは、コントローラ130によって与えられた制御に基づいて決定される可能性があり、そしてデータレートは、上述したように決定される可能性がある。

【0090】

送信機ユニット500は、(1)変調シンボルを供給するために別々のコーディング及び変調スキームにしたがって各データストリームを受信し、コード化し、そして変調するTXデータプロセッサ114a、及び(2)OFDMが採用されるのであれば、送信シンボルを供給するために変調シンボルをさらに処理する可能性があるTX MIMOプロセッサ120aを含む。TXデータプロセッサ114a及びTX MIMOプロセッサ120aは、図1のそれぞれのTXデータプロセッサ114及びTX MIMOプロセッサ120の1実施形態である。

20

【0091】

図5に示された具体的な実施形態では、TXデータプロセッサ114aは、デマルチプレクサ510、 $N_T$ のエンコーダ512aから512t、 $N_T$ のチャンネルインターリーバ514aから514t、及び $N_T$ のシンボルマッピングエレメント516aから516t（すなわち、各送信アンテナに対して、エンコーダ、チャンネルインターリーバ、及びシンボルマッピングエレメントの1セット）を含む。デマルチプレクサ510は、データ送信に対して使用されるべき $N_T$ の送信アンテナに対する $N_T$ のデータストリームにトラフィックデータ（すなわち、情報ビット）をデマルチプレックスする。 $N_T$ のデータストリームは、レート制御によって決定されたように、異なるデータレートで関連付けられる可能性がある。各データストリームは、それぞれのエンコーダ512に与えられる。

30

【0092】

各エンコーダ512は、そのデータストリームに対して選択された具体的なコーディングスキームに基づいてそれぞれのデータストリームを受信し、そしてコード化して、コード化されたビットを供給する。コーディングは、データ送信の信頼性を増加する。コーディングスキームは、周期的な冗長性チェック(CRC)コーディング、コンボリューションコーディング、ターボコーディング、ブロックコーディング、及びその他の任意の組み合わせを含む可能性がある。各エンコーダ512からのコード化されたビットは、その後、それぞれのチャンネルインターリーバ514に供給される。チャンネルインターリーバ514は、固有のインターリービングスキームに基づいてコード化されたビットをインターリーブする。インターリービングは、コード化されたビットに対して時間ダイバーシティを与え、データストリームに対して使用された送信チャンネルに対する平均SNRに基づいて送信されるべきデータを認め、フェーディングを克服し、そして各変調シンボルを形成するために使用されたコード化されたビット間の相関をさらに削除する。

40

【0093】

各チャンネルインターリーバ514からのコード化されたそしてインターリーブされたビットは、それぞれのシンボルマッピングエレメント516に与えられる。シンボルマッピングエレメント516は、変調シンボルを形成するためにこれらのビットをマップする。

50



各シンボルマッピングエレメント 5 1 6 によって実行されるべき固有の変調スキームは、コントローラ 1 3 0 によって与えられた変調制御により決定される。各シンボルマッピングエレメント 5 1 6 は、ノンバイナリシンボルを形成するために  $q_j$  のコード化され、そしてインターリーブされたビットのセットをグループ化し、そして選択された変調スキーム（例えば、QPSK、MPSK、MQAM、若しくはある他の変調スキーム）に対応する信号配列中の特定の点に各ノンバイナリシンボルをさらにマップする。各マップされた信号の点は、 $M_j$ -アレイの変調シンボルに対応する。ここで、 $M_j$  は  $j$  番目の送信アンテナに対する選択された固有の変調スキームに対応し、 $M_j = 2^{q_j}$  である。 $N_T$  のシンボルマッピングエレメント 5 1 6 a から 5 1 6 t は、その後、変調シンボルの  $N_T$  のストリームを与える。

10

#### 【0094】

図 5 に示された具体的な実施形態では、TX MIMO プロセッサ 1 2 0 a は、 $N_T$  の OFDM モジュレータを含む。各モジュレータは、逆フーリエ変換 (IFFT) ユニット 5 2 2 及び周期的なプリフィックス生成器 5 2 4 を含む。各 IFFT 5 2 2 は、対応するシンボルマッピングエレメント 5 1 6 からそれぞれの変調シンボルストリームを受信する。各 IFFT 5 2 2 は、 $N_F$  の変調シンボルをグループ化して、対応する変調シンボルベクトルを形成し、そして逆高速フーリエ変換を使用して各変調シンボルベクトルを時間ードメイン表記（これは、OFDM シンボルとして呼ばれる）に変換する。IFFT 5 2 2 は、任意の数の周波数サブチャネル（例えば、8, 16, 32, . . . ,  $N_F$ , . . . ）について逆変換を実施するために設計される可能性がある。各 OFDM シンボルに対して、周期的なプリフィックス生成器 5 2 4 は、OFDM シンボルの部分を繰り返して、対応する送信シンボルを形成する。周期的なプリフィックスは、送信シンボルがマルチパス遅延拡散の存在においてもその直交特性を維持し、それによって、周波数選択的フェーディングによって生じたチャネル分散のような有害な経路効果に対して性能を改善することを確かにする。周期的なプリフィックス生成器 5 2 4 は、その後、関連する送信機 1 2 2 へ送信シンボルのストリームを与える。OFDM が採用されなければ、TX MIMO プロセッサ 1 2 0 a は、各シンボルマッピングエレメント 5 1 6 から関連した送信機 1 2 2 へ変調シンボルストリームを単に与える。

20

#### 【0095】

各送信機 1 2 2 は、（OFDM を使用しない MIMO に対して）それぞれの変調シンボルストリームを若しくは（OFDM を使用する MIMO に対して）送信シンボルストリームを受信して処理して、変調された信号を生成する。これは、その後、関連したアンテナ 1 2 4 から送信される。

30

#### 【0096】

送信機ユニットに関する他の設計も、実行される可能性があり、本発明の範囲内である。

#### 【0097】

OFDM を使用した及び使用しない MIMO システムに対するコーディング及び変調は、以下の米国特許出願にさらに詳細に説明される。

#### 【0098】

40

- ・ 米国特許出願番号第 09 / 993, 087 号、名称 “多元アクセス多元入力多元出力 (MIMO) 通信システム”、2001 年 11 月 6 日提出；
- ・ 米国特許出願番号第 09 / 854, 235 号、名称 “チャネル状態情報を利用する多元入力多元出力 (MIMO) 通信システムにおいてデータを処理するための方法及び装置”、2001 年 5 月 11 日提出；
- ・ 米国特許出願番号第 09 / 826, 481 号及び第 09 / 956, 449 号、両者ともに名称 “ワイアレス通信システムにおいてチャネル状態情報を利用するための方法及び装置”、それぞれ 2001 年 3 月 23 日、及び 2001 年 9 月 18 日に提出；
- ・ 米国特許出願番号第 09 / 776, 075 号、名称 “ワイアレス通信システムのためのコーディングスキーム”、2001 年 2 月 1 日提出；及び

50

・ 米国特許番号第09/532,492号、名称“マルチキャリア変調を採用する高効率高性能通信システム”、2000年3月30日提出。

#### 【0099】

これらの出願は、全て本発明の譲受人に譲渡されており、引用文献としてここに組み込まれている。出願番号第09/776,075号は、コーディングスキームを説明しており、それによって異なるレートが、同一のベースコード（例えば、コンボリューション若しくはターボコード）を使用してデータをコーディングすることによって、そして所望のレートを達成するためにパンクチャリングを調整することによって達成される可能性がある。他のコーディング及び変調スキームも、使用される可能性があり、これは、本発明の範囲内である。

10

#### 【0100】

### 受信機システム

図6は、連続的な削除受信機プロセッシング技術を実行する能力があるRX MIMO/データプロセッサ160aのブロック図である。RX MIMO/データプロセッサ160aは、図1のRX MIMO/データプロセッサ160の1実施形態である。 $N_T$ の送信アンテナから送信された信号は、 $N_R$ のアンテナ152aから152rのそれぞれによって受信され、そしてそれぞれの受信機154に転送される。各受信機154は、それぞれの受信された信号を調整し（例えば、フィルタし、増幅し、そしてダウンコンバートし）、そして調整された信号をデジタル化して、対応するデータサンプルのストリームを与える。

20

#### 【0101】

OFDMを使用しないMIMOに関して、データサンプルは、受信されたシンボルの代表値である。各受信機154は、それぞれの受信されたシンボルストリーム、これは、各シンボル期間に対する受信されたシンボルを含む、をRX MIMO/データプロセッサ160aに与えるはずである。

#### 【0102】

OFDMを使用するMIMOに関して、各受信機154は、周期的なプリフィックス削除エレメント及びFFTプロセッサをさらに含む（両者とも、単純化のために図6には示されていない）。周期的なプリフィックス削除エレメントは、周期的なプリフィックスを削除する。周期的なプリフィックスは、各送信シンボルに対して送信機システムにおいて挿入され、対応する受信されたOFDMシンボルを与える。FFTプロセッサは、その後、各受信されたOFDMシンボルを変換して、そのシンボル期間の間、 $N_F$ の周波数サブチャネルに対する $N_F$ の受信されたシンボルのベクトルを与える。 $N_R$ の受信されたシンボルベクトルストリームは、その後、RX MIMO/データプロセッサ160aへ $N_R$ の受信機154によって与えられる。

30

#### 【0103】

OFDMを使用するMIMOに関して、RX MIMO/データプロセッサ160aは、 $N_R$ の受信されたシンボルベクトルストリームを $N_R$ の受信されたシンボルストリームの $N_F$ のグループにデマルチプレックスする可能性がある。 $N_F$ のグループは、各周波数サブチャネルに対して1グループであり、各グループは、1つの周波数サブチャネルに対して受信されたシンボルの $N_R$ のストリームを含んでいる。RX MIMO/データプロセッサ160aは、その後、OFDMを使用しないMIMOに関する $N_R$ の受信されたシンボルストリームに対してのような、同様の方法で $N_R$ の受信されたシンボルストリームの各グループを処理する可能性がある。RX MIMO/データプロセッサ160aは、この分野で知られたように、いくつかの他のオーダリングスキームに基づいてOFDMを使用するMIMOに対して受信されたシンボルも処理する可能性がある。いずれの場合でも、RX MIMO/データプロセッサ160aは、（OFDMを使用しないMIMOに対して） $N_R$ の受信されたシンボルストリームを若しくは（OFDMを使用するMIMOに対して） $N_R$ の受信されたシンボルストリームの各グループを処理する。

40

50

## 【0104】

図6に示された実施形態では、RX MIMO/データプロセッサ160aは、再生されるべき送信されたデータストリームのそれぞれに対して1ステージの、複数の連続した（すなわち、カスケード接続された）受信機プロセッシングステージ610aから610nを含む。（最後のステージ610nを除く）各受信機プロセッシングステージ610は、空間的プロセッサ620、RXデータプロセッサ630、及び干渉キャンセラ640を含む。最後の610nは、空間的プロセッサ620n及びRXデータプロセッサ630nだけを含む。

## 【0105】

第1のステージ610aに関して、空間的プロセッサ620aは、特定の空間的な若しくは空間-時間受信機プロセッシング技術に基づいて受信機154aから154rからの $N_R$ の受信されたシンボルストリーム（ベクトル $\underline{y}^1$ として表される）を受信し、処理して、（最大） $N_T$ の検出されたシンボルストリーム（ベクトル $\underline{x}^1$ として表される）を与える。OFDMを使用するMIMOに関して、 $N_R$ の受信されたシンボルストリームは、1つの周波数サブチャネルに対する受信されたシンボルを具備する。最も低いデータレートに対応する検出されたシンボルストリーム、 $\underline{x}^1$ 、は、選択され、そしてRXデータプロセッサ630aに与えられる。プロセッサ630aは、第1のステージに対して選択された検出されたシンボルストリーム、 $\underline{x}^1$ 、をさらに処理して（例えば、デモジュレートし、デインターリーブし、そしてデコードして）、デコードされたデータストリームを与える。空間的プロセッサ620aは、チャネル応答マトリックス、 $\underline{H}$ 、の推定値を与える。チャネル応答マトリックス、 $\underline{H}$ 、は、全てのステージに対して空間的な若しくは空間-時間プロセッシングを実施するために使用される。

## 【0106】

第1のステージ610aに関して、干渉キャンセラ640aは、受信機154から $N_R$ の受信されたシンボルストリーム（すなわち、ベクトル $\underline{y}^1$ ）も受信する。干渉キャンセラ640aは、RXデータプロセッサ630aからデコードされたデータストリームをさらに受信し、そしてプロセッシング（例えば、エンコーディング、インターリーブング、変調、チャネル応答、及びその他）を実施して、 $N_R$ の再変調されたシンボルストリーム（ベクトル $\underline{i}^1$ として表される）を導出する。これは、たった今再生されたデータストリームに起因する干渉成分の推定値である。再変調されたシンボルストリームは、その後、第1のステージの入力シンボルストリームから引き算されて、 $N_R$ の変形されたシンボルストリーム（ベクトル $\underline{y}^2$ として表される）を導出する。これは、全てののしかし引き算された（すなわち、削除された）干渉成分を含む。 $N_R$ の変形されたシンボルストリームは、その後、次のステージに与えられる。

## 【0107】

第2から最後のステージ610bから610nのそれぞれに関して、そのステージに対する空間的プロセッサは、前のステージの干渉キャンセラから $N_R$ の変形されたシンボルストリームを受信し、処理して、そのステージに対する検出されたシンボルストリームを導出する。そのステージにおける最も低いデータレートに対応する検出されたシンボルストリームが、選択され、そしてRXデータプロセッサによって処理されて、そのステージに対するデコードされたデータストリームを与える。第2から第2-から最後のステージのそれぞれに関して、そのステージの干渉キャンセラは、前のステージの干渉キャンセラから $N_R$ の変形されたシンボルストリーム及び同じステージ中のRXデータプロセッサからのデコードされたデータストリームを受信して、 $N_R$ の再変調されたシンボルストリームを導出し、そして次のステージに対して $N_R$ の変形されたシンボルストリームを与える。

## 【0108】

連続的な削除受信機プロセッシング技術は、前述の米国特許出願番号第09/993,087号及び第09/854,235号にさらに詳細に説明されている。

## 【0109】

10

20

30

40

50

各ステージにおける空間的プロセッサ620は、固有の空間的若しくは空間－時間受信機プロセッシング技術を実行する。使用されるべき具体的な受信機プロセッシング技術は、一般にMIMOチャネルの特性に依存する。これは、非分散型若しくは分散型のいずれかとして特徴付けられる可能性がある。非分散型MIMOチャネルは、フラットフェーディング（すなわち、システムバンド幅にわたってほぼ等しい減衰の量）を経験する、そして分散型MIMOチャネルは、周波数選択的フェーディング（すなわち、システムバンド幅にわたって異なる減衰の量）を経験する。

#### 【0110】

非分散型MIMOチャネルに関して、空間的な受信機プロセッシング技術は、受信された信号を処理するために使用される可能性があり、検出されたシンボルストリームを与える。これらの空間的な受信機プロセッシング技術は、チャネル相関マトリックス反転（CCMI）技術（これは、ゼロフォーシング(zero-forcing)技術としても呼ばれる）及び最小平均自乗エラー(minimum mean square error)（MMSE）技術を含む。他の空間的な受信機プロセッシング技術も、使用される可能性があり、本発明の範囲内である。

10

#### 【0111】

分散型MIMOチャネルに関して、チャネルにおける時間分散は、シンボル間干渉（ISI）を誘起する。性能を向上させるために、特定の送信されたデータストリームを再生しようと試みている受信機は、他の送信されたデータストリームからの干渉（すなわち、“クロストーク”）、同様に全てのデータストリームからのISIの両者を改善する必要がある。クロストーク及びISIの両者を克服するために、空間－時間受信機プロセッシング技術は、受信された信号を処理するために使用される可能性があり、検出されたシンボルストリームを与える。これらの空間－時間受信機プロセッシング技術は、MMSEリニアイコライザ（MMSE-LI）、判断フィードバックイコライザ（DFE）、最大の可能性があるシーケンス推定器(maximum-likelihood sequence estimator)（MLSE）、及びその他を含む。

20

#### 【0112】

CCMI、MMSE、MMSE-LI、及びDFE技術は、上記の米国特許出願番号第09/993,087、09/854,235、09/826,481、及び09/956,44に詳細に説明されている。

#### 【0113】

ここで説明されたデータレート決定及びデータ送信技術は、種々の手段によって実行される可能性がある。例えば、これらの技術は、ハードウェア、ソフトウェア、若しくはこれらの組み合わせで実行される可能性がある。ハードウェア実行に関して、送信機におけるデータレート決定するために使用された素子及び送信機／受信機におけるデータ送信は、1若しくはそれ以上のアプリケーションスペシフィック集積回路（ASICs）、デジタルシグナルプロセッサ（DSPs）、デジタルシグナルプロセッシングデバイス（DSPDs）、プログラマブルロジックデバイス（PLDs）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGAs）、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、ここに説明した機能を実行するために設計された他の電子ユニット、若しくはこれらの組み合わせの中で、実行される可能性がある。

30

40

#### 【0114】

ソフトウェア実行に関して、送信機／受信機におけるデータレート決定及びプロセッシングのある態様は、ここで説明された機能を実施するモジュール（例えば、手順、機能、及びその他）を使用して実行される可能性がある。ソフトウェアコードは、メモリユニット（例えば、図1のメモリ132）中に記憶される可能性があり、そしてプロセッサ（例えば、コントローラ130）によって実行される可能性がある。メモリユニットは、プロセッサの中で、若しくはプロセッサの外部で実行される可能性がある。この場合には、この分野で知られた種々の手段を介してプロセッサに通信的に接続されることができる。

#### 【0115】

見出しは、参考としてここに含まれ、そしてあるセクションが置かれている位置を見つ

50

けることを目的とする。これらの見出しは、そこで説明された概念の範囲を制限することを目的とするものではない、そして、これらの概念は、明細書全体を通して他のセクションに適用性を有する可能性がある。

#### 【0116】

開示された実施形態のこれまでの説明は、本技術分野に知識のあるいかなる者でも、本発明を作成する若しくは使用することを可能にするために提供される。これらの実施形態に対する種々の変形は、本技術分野に知識のある者に、容易に実現されるであろう。そして、ここで規定された一般的な原理は、発明の精神及び範囲から逸脱しないで、他の実施形態にも適用される可能性がある。それゆえ、本発明は、ここに示された実施形態に制限することを意図したものではなく、ここに開示された原理及び卓越した特性と整合する広い範囲に適用されるものである。

10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0117】

【図1】図1は、MIMOシステムにおける送信機システム及び受信機システムの実施形態のブロック図である。

【図2】図2は、 $N_T$ の送信されたシンボルストリームを再生するために $N_R$ の受信されたシンボルストリームを処理する連続的な干渉削除受信機プロセッシング技術を示すフロー図である。

【図3】図3は、データレートの所定にセットをサポートするために必要な最小の受信されたSNRを決定するためのプロセスの実施形態のフロー図である。

20

【図4】図4は、パケットエラーレート（PER）対スペクトル効率が1, 4/3, 5/3及び2 bps/Hzに関する{1, 4} MIMOシステムに対するSNRのプロットを示す。

【図5】図5は、送信機ユニットの実施形態のブロック図である。

【図6】図6は、連続的な干渉削除受信機プロセッシング技術を実行する能力がある受信機ユニットの実施形態のブロック図である。

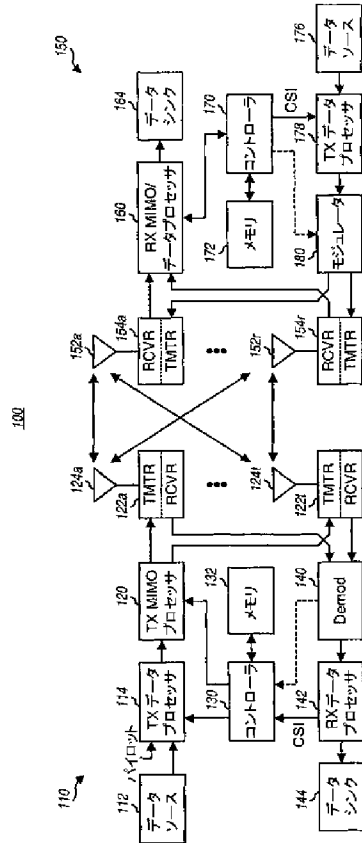
#### 【符号の説明】

#### 【0118】

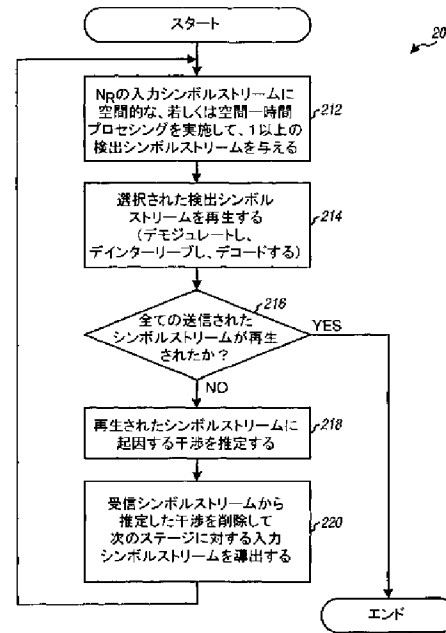
100…MIMOシステム, 110…送信機システム, 114a…TXデータプロセッサ, 124a～124t…アンテナ, 120a…TX MIMOプロセッサ, 150…受信機システム, 152a～152t…アンテナ, 160a…RX MIMO/データプロセッサ, 500…送信機ユニット, 610a～610n…受信機プロセッシングステージ。

30

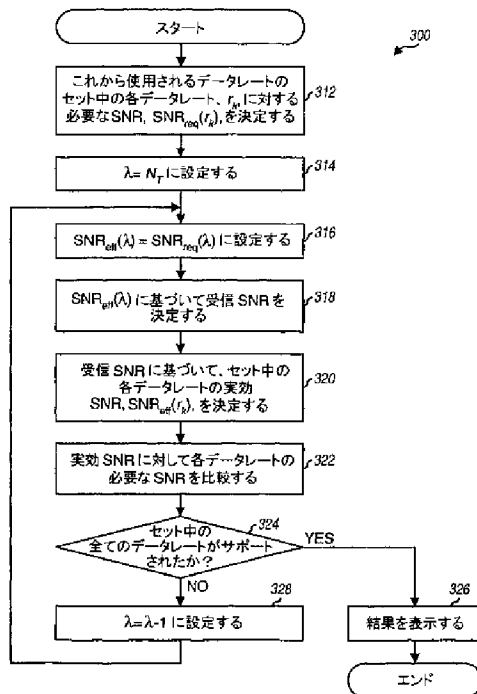
【図 1】



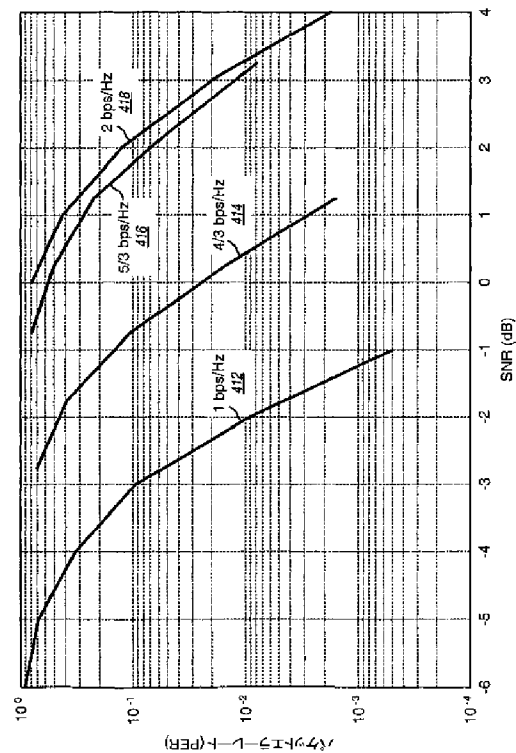
【図 2】



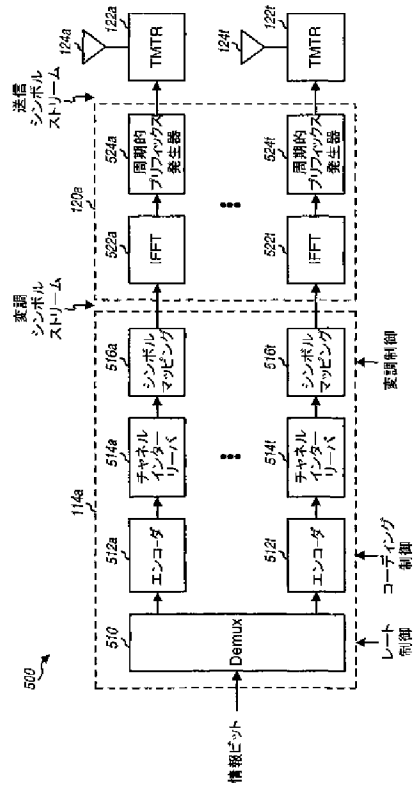
【図 3】



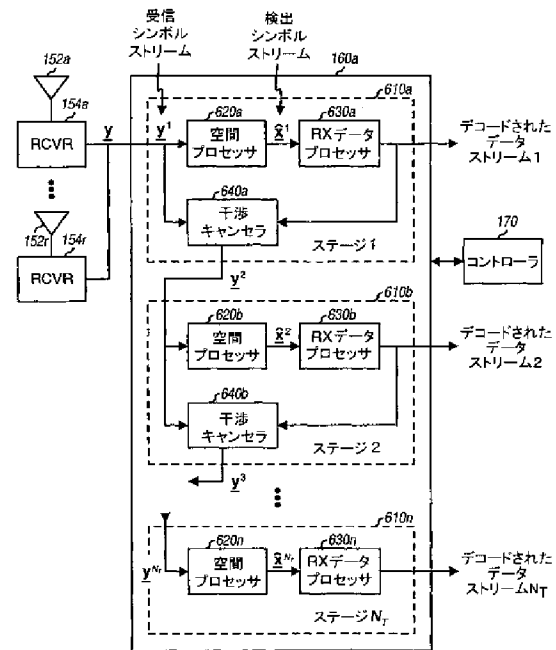
【図 4】



【図 5】



【図 6】



## 【國際調查報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US03/06326

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04B 1/69; H04J 11/00

US CL : 375/190; 370/208

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 375/190, 220, 264, 265; 370/208, 266, 269, 276

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EAST

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | US 6,154,484 A (LEE et al) 28 November 2000 see figs 1-5 and col.2, lines 5-15 and col.4, lines 60-67 and col.7, lines 35-50 and col.14, lines 11-20 and col.22, lines 55-57 | 1-31                  |
| Y         | US 6,141,317 A (MARCHOK et al) 31 October 2000 see fig.2 and col.22, lines 44-67 and col.27, lines 1-67 and col.28, lines 1-67   | 1-31                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

| * Special categories of cited documents:  | "T"  |
|---|--|
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "E" earlier document published on or after the international filing date  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  | "Z" document member of the same patent family  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search

17 APRIL 2003

Date of mailing of the international search report

12 MAY 2003

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 805-8233

Authorized officer

BAYARD, EMMANUEL

Telephone No. (703) 805-8553



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US08/06826

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 カドウス、タマー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92122、サン・ディエゴ、ナンバー316、トスカナ・ウェイ 5385

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD23 DD33 FF00

5K067 AA23 BB21 CC01 DD51 FF02 HH23 KK03

【要約の続き】

連付けられたレートセットは、データストリームに関する使用に対して選択される可能性がある。